แบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาล

นายคมกฤษณ์ จิระสวัสดิ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546
ISBN 974-17-4200-2
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SIMULATION MODEL FOR ANALYZING SUGARCANE HARVEST-TO-MILL DELIVERY

Mr. Komgris Jirasawas

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering
Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2003

ISBN 974-17-4200-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาล
โดย	นายคมกฤษณ์ จิระสวัสดิ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คมกฤษณ์ จิระสวัสดิ์ : แบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาล. (SIMULATION MODEL FOR ANALYZING SUGARCANE HARVEST-TO-MILL DELIVERY) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์, 278 หน้า. ISBN 974-17-4200-2.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำแบบจำลองสถานการณ์มาใช้ในการวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาล เพื่อประเมินผลของแนวทางเลือกในการปรับปรุงระบบการขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาล โดยมีจุดมุ่งหมายในการลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย การศึกษานี้ได้ใช้โรงงานน้ำตาลในภาคกลางแห่งหนึ่งเป็นกรณีศึกษา โดยมีขอบเขตในการศึกษาตั้งแต่การวางแผนการตัดอ้อยในไร่จนกระทั่งขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานและนำรถบรรทุกกลับไปยังไร่

การพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ได้ศึกษาอย่างละเอียดในขั้นตอนต่าง ๆ ของระบบการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล และได้แบ่งกระบวนการทั้งหมดออกเป็นส่วนย่อย และทำการพัฒนาแต่ละส่วนย่อยของระบบ แล้วจึงนำส่วนย่อยเหล่านั้นมาประกอบกันเป็นแบบจำลองที่สมบูรณ์ โดยใช้โปรแกรมเชิงพาณิชย์ที่ชื่อว่า “Extend” ผลจากการตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นแสดงว่า แบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของระบบจริงได้ และสามารถนำไปใช้วิเคราะห์และประเมินผลของแนวทางเลือกต่าง ๆ ในการปรับปรุงระบบการขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาล อันประกอบด้วย การจัดตารางเวลาการตัดอ้อย การปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อย และการใช้รถตัดอ้อยแทนแรงงานคน ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า การดำเนินงานตามแนวทางการปรับปรุงเหล่านี้ สามารถลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นจากความล่าช้าในกระบวนการเก็บเกี่ยวจนถึงการหีบอ้อย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา	ลายมือชื่อนิสิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	
ปีการศึกษา	2546		

4370242421 : MAJOR CIVIL ENGINEERING
KEY WORD: SIMULATION / HARVEST-TO-MILL DELIVERY

KOMGRIS JIRASAWAS : SIMULATION MODEL FOR ANALYZING SUGARCANE HARVEST-TO-MILL DELIVERY. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SOMPONG SIRISOPONSILP, Ph.D., 278 pp. ISBN 974-17-4200-2.

This thesis develops and applies a simulation model to analyze a sugarcane harvest-to-mill delivery. The purpose of the analysis is to evaluate the effectiveness of initiatives to improve the sugarcane harvest-to-mill process by eliminating operational wastes caused by unnecessary operational delays. A sugarcane mill located in the central region of Thailand is chosen as our case study. The study covers the activities spanning from the harvest planning to the return of sugarcane delivery truck back to the fields.

The model development begins with the in-depth investigation of individual activities associated with the harvest-to-mill process. With the application of the available commercial program named "Extend", the model divides the harvest-to-mill process into a number of operational components and the individual components of the system are developed separately and are eventually integrated to represent the entire system. The validation of the model reveals that the developed model can accurately represent the observed sugarcane harvest-to-mill system and can then be further utilized to assess the effectiveness of alternative programs to improve the sugarcane harvest-to-mill system including better scheduling of the harvest period, improvements in the maintenance and repairs of crushing system, and the replacement of manual system with harvestors. The results indicate that these improvement initiatives will likely result in the notable reduction of waste in harvest-to-mill system.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Civil Engineering Student's signature
Field of study Civil Engineering Advisor's signature
Academic year 2003

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงต่อผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์ ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ของผู้เขียน ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้โปรแกรม “Extend” ในการวิจัย รวมถึงให้ความกรุณาในการตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ และขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณบิดา และมารดา และขอขอบใจน้องทั้งสอง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจซึ่งเป็นสิ่งสำคัญยิ่งแก่ผู้เขียนในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ผู้เขียนขอสำนึกในพระคุณของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวมถึงคณาจารย์ทุกท่านที่ได้สั่งสอน อบรม และให้ความรู้แก่ผู้เขียน

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ กลุ่มวังขนาย ที่อนุญาตให้ใช้โรงงานน้ำตาลในกลุ่มของวังขนายเป็นกรณีศึกษา รวมถึงให้การสนับสนุนทางด้านข้อมูลและค่าใช้จ่ายแก่ผู้เขียน และผู้เขียนขอขอบพระคุณชาวไร่อ้อยและเจ้าหน้าที่ของโรงงานน้ำตาลทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือผู้เขียนในการเก็บรวบรวมข้อมูลรวมถึงให้คำแนะนำแก่ผู้เขียนในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ผู้เขียนขอขอบคุณเพื่อนๆและพี่น้อง ทั้งที่สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่งและการจราจร คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน รวมทั้งบุคคลอื่นที่ได้มีส่วนช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้กับผู้เขียนมาโดยตลอด

คุณความดีและคุณประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอมอบให้เป็นสิ่งตอบแทนต่อผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน

คมกฤษณ์ จิระสวัสดิ์

มกราคม 2547

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ จ
กิตติกรรมประกาศ ฉ
สารบัญตาราง ฌ
สารบัญภาพ ฐ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา 4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
บทที่ 2 แนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 แนวคิดและทฤษฎีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ 5
2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17
2.3 สรุป 23
บทที่ 3 ระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย 25
3.1 ระบบการตลาดอ้อย 25
3.2 การเก็บเกี่ยวอ้อยและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุก 28
3.3 การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล 32
3.4 ความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย 34
3.5 ศึกษาถึงกิจกรรมต่าง ๆในกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา 57
3.6 สรุป 74
บทที่ 4 การสร้างและพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ 76
4.1 สมมติฐานหลักของแบบจำลองสถานการณ์ 76
4.2 ขอบเขตของแบบจำลองสถานการณ์ 77
4.3 แบบจำลองสถานการณ์เพื่อการวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาล 78
4.4 สรุป 95
บทที่ 5 การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์ 98
5.1 ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์ในส่วนของไร่และการขนส่ง 99
5.2 ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์ในส่วนของโรงงานน้ำตาล 130

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 6 การตรวจสอบและทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ 139
6.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ 139
6.2 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ 142
บทที่ 7 การใช้แบบจำลองสถานการณ์ในการวิเคราะห์การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล 145
7.1 การจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล 145
7.2 การปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อย 158
7.3 การนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคน 165
บทที่ 8 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 175
8.1 สรุปผลการศึกษา 175
8.2 สรุปการนำแนวทางเลือกในการลดความสูญเสียมาใช้ 177
8.3 ข้อเสนอแนะ 178
รายการอ้างอิง 179
ภาคผนวก 181
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 278

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
3.1	น้ำหนักของอ้อย 6 พันธุ์ที่ปลูกในเดือนกุมภาพันธ์ ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆกัน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน ปี 2536	29
3.2	ค่าคุณภาพความหวานของอ้อย 6 พันธุ์ที่ปลูกในเดือนกุมภาพันธ์ ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆกัน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน ปี 2536	29
3.3	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเด็กซ์แทรนกับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวตามสภาพการเก็บแบบในร่มกับแบบกลางแจ้งของอ้อยพันธุ์ Co-740	41
3.4	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเด็กซ์แทรนกับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวจากการศึกษาของ Foster	42
3.5	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเด็กซ์แทรนกับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวจากการศึกษาของ Legendre	42
3.6	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวของอ้อยพันธุ์ CoS 767	43
3.7	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังจากการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพความหวานที่ลดลงของการตัดอ้อยสดและการตัดอ้อยเผา	45
3.8	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังจากการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพความหวานที่ลดลงของอ้อยคนตัดและอ้อยรถตัด	45
3.9	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่อ้อยค้างไร่กับค่าคุณภาพความหวานที่ลดลงของอ้อยสดตัดค้างไร่และอ้อยไฟไหม้ยืนต้น	47
3.10	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ้อยที่ลดลงจากการศึกษาของ รุ่งรัตน์ กิจเจริญปัญญาและคณะ	51
3.11	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ้อยจากการศึกษาของสามารถ น้อยวัน และคณะ	52
3.12	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ้อยเฉลี่ยทั้ง 3 พันธุ์ ที่เก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายน	53
3.13	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ้อยเฉลี่ยทั้ง 3 พันธุ์ ที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม	54
3.14	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ้อยเฉลี่ยทั้ง 3 พันธุ์ ที่เก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคม	55
3.15	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ้อยเฉลี่ยทั้ง 3 พันธุ์ ที่เก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายน มกราคม และมีนาคม	56

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
4.1	คุณสมบัติของส่วนทำการ “อ้อยหนึ่งคันรถ”	89
4.2	คุณสมบัติของส่วนทำการ “รถบรรทุก”	90
4.3	คุณสมบัติของส่วนทำการ “รถบรรทุกอ้อย”	90
5.1	ข้อมูลเวลาที่รถตัดอ้อยใช้ในการตัดอ้อยให้ได้อ้อยเต็มคันรถ	102
5.2	สัดส่วนปริมาณอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ของแต่ละเขตส่งเสริมที่จัดส่งเข้าโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา	104
5.3	ข้อมูลเวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยสดให้ได้อ้อยเต็มคันรถ	105
5.4	ข้อมูลเวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยไฟไหม้ให้ได้อ้อยเต็มคันรถ	107
5.5	สัดส่วนการใช้แรงงานคนและรถคีบอ้อยในการขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกของแต่ละเขตส่งเสริมเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา	109
5.6	จำนวนทรัพยากรทีมงานคนขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกของแต่ละเขตส่งเสริม	109
5.7	ข้อมูลเวลาที่แรงงานคนขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถ	110
5.8	จำนวนทรัพยากรรถคีบอ้อยของแต่ละเขตส่งเสริม	112
5.9	ข้อมูลเวลาที่รถคีบอ้อยขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถ	112
5.10	สัดส่วนของการขนส่งอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาและโรงงานอื่นของแต่ละเขตส่งเสริม	115
5.11	ระยะทางเฉลี่ยระหว่างแปลงไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาลที่ใช้ในกรณีศึกษาของแต่ละเขตส่งเสริม	115
5.12	ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3	116
5.13	ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5	118
5.14	ข้อมูลเวลาของการขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลอื่นของเขตส่งเสริมที่ 1	120
5.15	ข้อมูลเวลาของการขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลอื่นของเขตส่งเสริมที่ 2	121
5.16	ข้อมูลเวลาของการขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลอื่นของเขตส่งเสริมที่ 3	121
5.17	ข้อมูลเวลาของการขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลอื่นของเขตส่งเสริมที่ 4	122
5.18	ข้อมูลเวลาของการขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลอื่นของเขตส่งเสริมที่ 5	122
5.19	ข้อมูลเวลาของการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลอื่นกลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 1	122
5.20	ข้อมูลเวลาของการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลอื่นกลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 2	123
5.21	ข้อมูลเวลาของการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลอื่นกลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 3	123

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
5.22	ข้อมูลเวลาของการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลอื่นกลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 4	124
5.23	ข้อมูลเวลาของการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลอื่นกลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 5	124
5.24	ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3	125
5.25	ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5	127
5.26	จำนวนทรัพยากรรถบรรทุกของชาวไร่ที่ใช้จัดส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล	129
5.27	จำนวนทรัพยากรแรงงานคนตัดอ้อย	129
5.28	ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียง	131
5.29	ข้อมูลเวลาที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อม	133
5.30	ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักร	135
5.31	ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการนำอ้อยที่ค้างอยู่บนรถบรรทุกลง	137
6.1	เวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์	143
7.1	เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานกิจกรรมต่าง ๆ ของการเก็บเกี่ยวและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล	146
7.2	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังจากการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพความหวานที่ลดลงของการตัดอ้อยสดและการตัดอ้อยเผา	149
7.3	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังจากการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพความหวานที่ลดลงของอ้อยรถตัด	149
7.4	เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานกิจกรรมต่าง ๆ ของการเก็บเกี่ยวและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลง	152
7.5	ผลการวิเคราะห์มูลค่าความสูญเสียที่ลดลงโดยการจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลอันเป็นผลจากการลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลง	153
7.6	เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานกิจกรรมต่าง ๆ ของการเก็บเกี่ยวและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว	154
7.7	ผลการวิเคราะห์มูลค่าความสูญเสียที่ลดลงโดยการจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลอันเป็นผลจากการเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว	154
7.8	ผลการวิเคราะห์การลดลงของเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยอันเป็นผลจากการจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล	155
7.9	ผลการวิเคราะห์การลดลงของเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อยอันเป็นผลจากการจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล	155

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
7.10	ผลการวิเคราะห์การลดลงของมูลค่าความสูญเสียอันเป็นผลจากการจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล	156
7.11	เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานกิจกรรมต่าง ๆ ของการเก็บเกี่ยวและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยการเพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมและลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมบำรุงลงเท่ากับ 1510 และ 60 นาที	160
7.12	เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานกิจกรรมต่าง ๆ ของการเก็บเกี่ยวและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยการเพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมและลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมบำรุงลงเท่ากับ 1570 และ 50 นาที	160
7.13	ผลการวิเคราะห์การลดลงของมูลค่าความสูญเสียอันเป็นผลจากการปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อยให้เพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมและลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมบำรุงลงเท่ากับ 1510 และ 60 นาที	161
7.14	ผลการวิเคราะห์การลดลงของมูลค่าความสูญเสียอันเป็นผลจากการปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อยให้เพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมและลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมบำรุงลงเท่ากับ 1570 และ 50 นาที	161
7.15	ผลการวิเคราะห์การลดลงของเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยอันเป็นผลจากการปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อย	162
7.16	ผลการวิเคราะห์การลดลงของเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อยอันเป็นผลจากการปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อย	162
7.17	ผลการวิเคราะห์การลดลงของมูลค่าความสูญเสียอันเป็นผลจากการปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อย	163
7.18	จำนวนรถตัดอ้อยที่เหมาะสมตามปริมาณอ้อยที่ต้องเก็บเกี่ยวในแต่ละเขตส่งเสริม	166
7.19	จำนวนรถบรรทุกที่เหมาะสมในการใช้กับรถตัดอ้อยในแต่ละเขตส่งเสริม	166
7.20	เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานกิจกรรมต่าง ๆ ของการเก็บเกี่ยวและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยการนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคน	169
7.21	ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคน	173
7.22	ค่าใช้จ่ายที่ลดลงจากการนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคน	173
7.23	ผลสรุปการวิเคราะห์การลดความสูญเสียตามแนวทางเลือกต่าง ๆ	174
8.1	ผลสรุปการวิเคราะห์การลดความสูญเสียตามแนวทางเลือกต่าง ๆ	176

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ		หน้า
2.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของระบบต่อเนื่องกับเวลา	7
2.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของระบบแบบเป็นช่วงกับเวลา	7
2.3	แผนผังขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์	10
2.4	ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตด้วยโปรแกรม Arena	14
2.5	ตัวอย่างของภาพประกอบแบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตที่สร้างด้วยโปรแกรม Arena	15
2.6	ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตด้วยโปรแกรม Extend	15
2.7	ตัวอย่างของภาพประกอบแบบจำลองสถานการณ์ระบบการจัดการคลังสินค้าที่สร้างด้วยโปรแกรม SIMAN/Cinema	16
2.8	ตัวอย่างของภาพประกอบแบบจำลองสถานการณ์โรงงานที่สร้างด้วยโปรแกรม SLAM	16
2.9	โครงสร้างของระบบการขนส่งและจัดส่งอ้อยของประเทศแอฟริกาใต้	18
2.10	แผนผังของโครงสร้างแบบจำลองสถานการณ์การเก็บเกี่ยวและการขนส่งในช่วงเริ่มแรก	20
2.11	ขั้นตอนของกระบวนการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลของประเทศคิวบา	22
2.12	ระบบการขนส่งอ้อยของประเทศคิวบา	22
2.13	กระบวนการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดของระบบที่ถูกจำลองสถานการณ์	23
3.1	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 1	44
3.2	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคุณภาพความหวานของอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 1	46
3.3	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโพลของน้ำอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 1	46
3.4	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่อ้อยค้างไร่กับค่าคุณภาพความหวานของทั้งอ้อยสด อ้อยไฟไหม้ตัดกอง และอ้อยไฟไหม้ยืนต้นที่ตัดในเดือนพฤศจิกายน	48
3.5	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่อ้อยค้างไร่กับค่าคุณภาพความหวานของทั้งอ้อยสด อ้อยไฟไหม้ตัดกอง และอ้อยไฟไหม้ยืนต้นที่ตัดในเดือนมกราคม	48
3.6	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่อ้อยค้างไร่กับค่าคุณภาพความหวานของทั้งอ้อยสด อ้อยไฟไหม้ตัดกอง และอ้อยไฟไหม้ยืนต้นที่ตัดในเดือนมีนาคม	49
3.7	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่อ้อยค้างไร่กับค่าคุณภาพความหวานของทั้งอ้อยสด อ้อยไฟไหม้ตัดกอง และอ้อยไฟไหม้ยืนต้นที่เฉลี่ยจาก 3 พันธุ์ 3 เวลาเก็บเกี่ยว	50

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
3.8	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ้อย	51
3.9	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ้อยเฉลี่ยทั้ง 3 พันธุ์ที่เก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายน	53
3.10	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ้อยเฉลี่ยทั้ง 3 พันธุ์ที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม	54
3.11	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ้อยเฉลี่ยทั้ง 3 พันธุ์ที่เก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคม	55
3.12	การใช้แรงงานคนตัดอ้อยสด	60
3.13	การใช้แรงงานคนตัดอ้อยไฟไหม้	60
3.14	การตัดอ้อยโดยใช้รถตัดอ้อย	61
3.15	การใช้แรงงานคนในการขึ้นอ้อย	61
3.16	การใช้รถคีบในการขึ้นอ้อย	62
3.17	การรับใบคิว	62
3.18	รถบรรทุกจอดรอเรียกเข้าไปชั่งน้ำหนักที่ลานนอก	63
3.19	การชั่งน้ำหนักรถหนัก (น้ำหนักรถบรรทุกรวมกับน้ำหนักอ้อย)	63
3.20	รถบรรทุกจอดรอเรียกเข้าเทอ้อยที่ลานใน	64
3.21	รถบรรทุกจอดรอเตรียมตัวเข้าช่องเทอ้อย	64
3.22	ตะกาวกวาดอ้อยจากรถบรรทุกลงสายพานลำเลียงเข้าสู่ลูกหีบชุดที่ 1	65
3.23	คนขับรถบรรทุกนำอ้อยที่เหลืออยู่บนรถหลังจากออกจากแท่นเทอ้อยลงจากรถ	65
3.24	การชั่งน้ำหนักรถเบา (น้ำหนักรถบรรทุกหลังจากเทอ้อยลงสายพานลำเลียงแล้ว)	66
3.25	ขั้นตอนของกิจกรรมต่าง ๆ ในกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา	67
3.26	แผนผังของโรงงานน้ำตาลทรายตัวอย่างที่เกี่ยวข้องในส่วนของกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน	72
4.1	ขอบเขตของแบบจำลองสถานการณ์	77
4.2	ส่วนประกอบต่าง ๆของบล็อก	78
4.3	ไดอะล็อคทั้งในส่วนที่ใช้ป้อนข้อมูลและส่วนที่ใช้แสดงผล	79
4.4	แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่ง	80
4.5	แบบจำลองในส่วนของการวางแผนการตัดอ้อย	80
4.6	ตารางกำหนดปริมาณอ้อยที่จะทำการตัดในแต่ละวัน	81
4.7	แบบจำลองในส่วนของกิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้รถตัดอ้อย	82

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
4.8	รายละเอียดของการตัดสินใจกำหนดการเผาอ้อย การกำหนดเวลาทำงานของรถตัด	82
4.9	รายละเอียดของการใช้รถตัดอ้อยตัดอ้อยแล้วบรรทุกลงในรถบรรทุกและการกำหนดค่าคุณสมบัติส่วนทำการ “CutTime” เพื่อใช้ในการหาระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย	82
4.10	รายละเอียดของการกำหนดค่าสิทธิพิเศษและการส่งส่วนทำการ “รถบรรทุกอ้อย” ไปยังแบบจำลองส่วนที่ 4 กิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล	83
4.11	แบบจำลองในส่วนของกิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้แรงงานคนตัดอ้อย	84
4.12	รายละเอียดของการตัดสินใจกำหนดการเผาอ้อยและการกำหนดเวลาทำงานของส่วนทำการ “แรงงานคนตัดอ้อย”	84
4.13	รายละเอียดของการตัดอ้อยโดยใช้แรงงานคนตัด การกำหนดค่าคุณสมบัติส่วนทำการ “CutTime” เพื่อใช้ในการหาระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย	85
4.14	รายละเอียดของการกำหนดการใช้รถคีบอ้อย	85
4.15	รายละเอียดของการขึ้นอ้อยโดยใช้แรงงานคน การขนอ้อยขึ้นโดยใช้รถคีบ การกำหนดการไม่มีสิทธิพิเศษและการส่งส่วนทำการ “รถบรรทุกอ้อย” ไปยังแบบจำลองส่วนที่ 4 กิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล	86
4.16	แบบจำลองในส่วนของกิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล	87
4.17	แบบจำลองในส่วนของกิจกรรมการนำรถบรรทุกเปล่าจากโรงงานกลับไปยังไร่	87
4.18	แบบจำลองในส่วนของทรัพยากรแรงงานคนตัดอ้อย	88
4.19	แบบจำลองในส่วนของโรงงานน้ำตาล	91
4.20	รายละเอียดของการหยุดล้างเครื่องจักร การรับใบคิวอ้อย การชั่งน้ำหนักรถหนัก การยื่นเหรียญ การคำนวณหาระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ที่โรงงาน	92
4.21	รายละเอียดของการเข้ามาเทอ้อยของรถบรรทุกอ้อยที่ช่องเทอ้อย การเสียของเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการหีบอ้อย การกักรถบรรทุกอ้อยเพื่อให้มีรถเพียงพอในการเริ่มต้นหีบอ้อยอีกครั้งเมื่อรถขาดช่วงไปและการคำนวณหาค่าความล่าช้าเฉลี่ยของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย	93
4.22	รายละเอียดของการเทอ้อยที่ค้างอยู่บนรถบรรทุกลงมา การชั่งน้ำหนักรถเบา และการคำนวณหาค่าระยะเวลาเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา	94
4.23	รายละเอียดของการกำหนดให้รถบรรทุกเปล่าวิ่งกลับสู่ไร่ตัวเอง	94
4.24	แบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลทั้งระบบ	95

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
5.1	แผนที่เขตส่งเสริมของโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา	101
5.2	ตัวอย่างข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวัน	101
5.3	การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่รถตัดอ้อยใช้ในการตัดอ้อยให้ได้อ้อยเต็มคันรถ	102
5.4	การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยสดให้ได้อ้อยเต็มคันรถ	105
5.5	การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยไฟไหม้ให้ได้อ้อยเต็มคันรถ	107
5.6	การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่แรงงานคนขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถ	110
5.7	การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่รถคีบอ้อยขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถ	112
5.8	ระยะห่างระหว่างแปลงไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาและตำแหน่งโรงงานน้ำตาลข้างเคียง	114
5.9	การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3	116
5.10	การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5	118
5.11	การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3	125
5.12	การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5	127
5.13	การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียง	132
5.14	การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อม	134
5.15	การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักร	135
5.16	การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการนำอ้อยที่ค้างอยู่บนรถบรรทุกลง	137
6.1	การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ด้วยชุดคำสั่ง Trace	141
7.1	ปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวในช่วงละ 3 วันของเขตส่งเสริมทั้ง 5 เขต	147
7.2	การปรับแก้ปริมาณอ้อยที่จัดตารางเวลาการจัดส่งใหม่	147
7.3	ปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวในช่วงละ 3 วันของเขตส่งเสริมทั้ง 5 เขตที่จัดตารางการเก็บเกี่ยวโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลง	148

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
7.4	ผลการวิเคราะห์การลดลงของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยอันเป็นผลจากการจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล	156
7.5	ผลการวิเคราะห์การลดลงของระยะเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อยอันเป็นผลจากการจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล	157
7.6	ผลการวิเคราะห์การลดลงของมูลค่าความสูญเสียอันเป็นผลจากการจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล	157
7.7	การปรับแก้เวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมและเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมบำรุงใหม่	159
7.8	ผลการวิเคราะห์การลดลงของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยอันเป็นผลจากการปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อย	163
7.9	ผลการวิเคราะห์การลดลงของระยะเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อยอันเป็นผลจากการปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อย	164
7.10	ผลการวิเคราะห์การลดลงของมูลค่าความสูญเสียอันเป็นผลจากการปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อย	164
7.11	รถบรรทุกที่ใช้บรรทุกอ้อยรถตัด	166
7.12	การปรับแก้ปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยการใช้รถตัดอ้อยแทนแรงงานคนของแต่ละเขตส่งเสริม	167
7.13	การปรับแก้จำนวนรถตัดอ้อยที่เหมาะสมตามปริมาณอ้อยที่ต้องเก็บเกี่ยวของแต่ละเขตส่งเสริม	168
7.14	การปรับแก้จำนวนรถบรรทุกที่เหมาะสมในการใช้กับรถตัดอ้อยของแต่ละเขตส่งเสริม	168

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายเป็นอุตสาหกรรมแปรรูปสินค้าเกษตรที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทยมาเป็นเวลายาวนาน เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่อาศัยวัตถุดิบทางการเกษตรภายในประเทศ ทำให้เกิดการสร้างงานทั้งในภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก ประกอบด้วย เกษตรกรชาวไร่อ้อย เจ้าหน้าที่โรงงานน้ำตาล กรรมกร ธนาคารผู้ประกอบการค้า ผู้ประกอบการขนส่ง ร้านค้า ตลอดจนผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์นม อุตสาหกรรมลูกอม อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมปุ๋ย เป็นต้น โดยประมาณการว่าอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายสร้างเงินทุนหมุนเวียนในระบบเศรษฐกิจไม่ต่ำกว่าปีละ 150,000 ล้านบาท (ธวัช ตินนังวัฒนะ 2543) นอกจากการผลิตน้ำตาลทรายเพื่อใช้ในการบริโภคภายในประเทศแล้ว ยังมีการผลิตเพื่อการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศเป็นปริมาณถึงร้อยละ 70 ของปริมาณการผลิตน้ำตาลทรายทั้งหมดคิดเป็นมูลค่าประมาณ 30,000 ล้านบาทต่อปีที่เป็นรายได้เข้าสู่ประเทศไทย

การที่ประเทศไทยมีความได้เปรียบทางด้านต้นทุนการผลิตที่ต่ำ ประกอบกับปริมาณการผลิตมีมากเกินความต้องการบริโภคภายในประเทศ จึงทำให้ประเทศไทยสามารถส่งออกน้ำตาลทรายไปขายในตลาดโลกได้มากจนติดอันดับ 1 ใน 5 ของประเทศผู้ส่งออกน้ำตาลทรายสูงสุด แต่จากการที่หลายประเทศที่มีการผลิตน้ำตาลทราย ไม่ว่าจะทำการส่งออกหรือไม่นั้น มีนโยบายปกป้องผู้ผลิตในประเทศของตน ไม่ว่าจะเป็นการห้ามการนำเข้า การกำหนดโควตานำเข้า การตั้งกำแพงภาษีการนำเข้า การอุดหนุนการส่งออก และการอุดหนุนการผลิต เพื่อให้ความช่วยเหลือเกษตรกรภายในประเทศให้มีรายได้ทัดเทียมแรงงานในภาคอื่น และเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการพึ่งพาตนเองด้านอาหาร ทำให้เกิดการบิดเบือนการผลิตและการค้าน้ำตาลทรายของโลก ซึ่งส่งผลให้บางประเทศที่มีต้นทุนการผลิตน้ำตาลทรายที่สูง เช่น กลุ่มประเทศสหภาพยุโรปกลายเป็นประเทศผู้ส่งออกน้ำตาลรายใหญ่ของโลกได้ ผู้ผลิตในประเทศที่มีต้นทุนการผลิตน้ำตาลทรายต่ำ เช่น ประเทศบราซิล ประเทศคิวบา และประเทศไทยจึงสูญเสียรายได้บางส่วนจากนโยบายปกป้องผู้ผลิตน้ำตาลทรายของประเทศที่มีต้นทุนการผลิตสูง เนื่องจากไม่สามารถจำหน่ายผลผลิตน้ำตาลทรายได้มากเท่าที่ควรจะเป็นจริง และส่งผลให้การใช้ทรัพยากรการผลิตของโลกถูกบิดเบือนไปผลิตสินค้าที่เสียต้นทุนการผลิตสูงโดยไม่จำเป็น ทำให้มีความพยายามที่จะแก้ไขการบิดเบือนการผลิตและการค้าน้ำตาลทรายของโลก

ความพยายามที่จะแก้ไขการบิดเบือนการผลิตและการค้าน้ำตาลทรายของโลกได้สัมฤทธิ์ผลภายใต้การเจรจารอบอุรุกวัย โดยประเทศสมาชิกได้ลงนามให้สัตยาบันยอมรับที่จะเสริมสร้างเศรษฐกิจการค้าของโลกให้มีความเข้มแข็งมากขึ้น เพื่อเปิดตลาดการค้าระหว่างประเทศ ยกเลิกการกีดกันทางการค้า ลดการให้การอุดหนุนการผลิตและส่งออกที่ก่อให้เกิดการบิดเบือนในโครงสร้างการค้าระหว่างประเทศ ทั้งนี้ความตกลงต่างๆ จะมีผลบังคับใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 ยกเว้นความตกลงบางอย่างที่กำหนดระยะเวลาในการปฏิบัติตามพันธกรณี เช่น ความตกลงว่าด้วยการเกษตร ซึ่งกำหนดระยะเวลาในการปฏิบัติตามพันธกรณี 6 ปี สำหรับประเทศพัฒนาแล้ว และ 10 ปี สำหรับประเทศกำลังพัฒนา และมีเงื่อนไขให้มีการเจรจาก่อนพันธกรณีจะสิ้นสุด 1 ปี เพื่อทบทวนและปฏิรูปการค้าสินค้าเกษตรซึ่งรวมถึงน้ำตาลทรายให้เสรีมากยิ่งขึ้น

ความตกลงว่าด้วยการเกษตรดังกล่าวทำให้ประเทศต่างๆ ต้องปรับตัวทั้งในด้านโครงสร้างการผลิตและการค้าในตลาดโลก ไม่ว่าจะเป็นประเทศผู้ส่งออก หรือประเทศผู้นำเข้าตามประสิทธิภาพและต้นทุนการผลิตที่แท้จริงโดยไม่ได้รับความช่วยเหลือจากนโยบาย ซึ่งส่งผลให้ประเทศที่มีต้นทุนในการผลิตน้ำตาลทรายต่ำ ซึ่งรวมถึงประเทศไทยสามารถส่งออกน้ำตาลทรายไปยังตลาดโลกได้เพิ่มมากขึ้น และมีรายได้จากการส่งออกเพิ่มขึ้นตามราคาน้ำตาลทรายในตลาดโลกที่ปรับเปลี่ยนไปตามต้นทุนการผลิตที่แท้จริง อย่างไรก็ตาม เพื่อรักษาความได้เปรียบด้านการแข่งขันในตลาดโลก อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศไทยจำเป็นที่จะต้องมีความกระตือรือร้นที่จะปรับปรุงและพัฒนาตนเองในด้านต่างๆอยู่เสมอ เช่น การเพิ่มผลผลิตของอ้อยต่อไร่ การเพิ่มคุณภาพความหวาน (Commercial Cane Sugar, CCS) ของอ้อย การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการต่างๆในระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย เป็นต้น

กระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญมากกระบวนการหนึ่งในระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย เนื่องจากต้นทุนในกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลเป็นต้นทุนที่มีสัดส่วนของต้นทุนการผลิตอ้อยที่สูง และเนื่องจากอ้อยเป็นวัตถุดิบสำคัญที่ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำตาลทราย ดังนั้นต้นทุนการผลิตอ้อยจึงเป็นต้นทุนที่มีความสำคัญกับอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าต้นทุนในกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย

ปัญหาที่พบในกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน คือ ระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยมีระยะเวลาที่ยาวนาน เป็นผลให้เกิดต้นทุนต่างๆ ที่เพิ่มขึ้นซึ่งอยู่ในรูปของความสูญเสีย เช่น ความสูญเสียที่เกิดจากการใช้ประโยชน์รถบรรทุก เครื่องมือ และแรงงานคนในกระบวนการเก็บเกี่ยวและการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ไม่เต็มประสิทธิภาพ ความสูญเสียของผลผลิตน้ำตาลเนื่องจากน้ำหนักและคุณภาพความหวาน (Commercial Cane Sugar, CCS) ของอ้อยที่ลดลงตามระยะเวลาซึ่งเป็นผลโดยตรงที่เกิดจากการเสื่อมคุณภาพของอ้อย เป็นต้น ซึ่งความสูญเสียที่เกิดจากความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย ไม่ได้เพิ่ม

คุณค่าให้แก่อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายเลย และยังถือว่าเป็นความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับทุกฝ่าย ไม่ว่าจะเป็น การใช้ประโยชน์ของรถบรรทุก เครื่องมือ และแรงงานคนได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ราคาอ้อยที่เกษตรกรต้องสูญเสียไปหรือผลผลิตน้ำตาลทรายที่ทางโรงงานได้รับลดลง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษากระบวนการขนส่งอ้อยจากแหล่งเก็บเกี่ยวจนถึงอ้อยเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยอย่างละเอียดและจริงจังเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาแนวทางที่เหมาะสมในการลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น

ปัญหาของความล่าช้าที่เกิดกับกระบวนการตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยที่ยาวนาน สามารถวิเคราะห์แก้ปัญหาได้โดยการสร้างแนวทางเลือกแบบต่าง ๆ ขึ้นมาเพื่อวิเคราะห์ดูผลของแต่ละแนวทางเลือกที่จะใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว การอาศัยคนในการวิเคราะห์แนวทางเลือกกระทำได้อย่างยากลำบาก เนื่องจากความสามารถที่จำกัด และใช้เวลาในการวิเคราะห์นาน ดังนั้นการใช้วิธีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) ซึ่งเป็นการจำลองเหตุการณ์ต่าง ๆ ในระบบโดยใช้ความสามารถของคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลเป็นวิธีการที่เหมาะสมวิธีการหนึ่งในการวิเคราะห์แนวทางเลือก เพราะสามารถกระทำได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว อีกทั้งยังสามารถเห็นผลที่เกิดจากแนวทางเลือกรูปแบบต่าง ๆ โดยไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงสิ่งต่าง ๆ ในระบบจริงตามแนวทางเลือกนั้น

ประเทศออสเตรเลีย ประเทศแอฟริกาใต้ และประเทศอื่น ๆ ที่เห็นถึงความสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศ ได้ใช้แบบจำลองสถานการณ์ในการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบอุตสาหกรรมมาเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้ว แต่วิธีการนี้ยังไม่เป็นที่นิยมมากนักในประเทศไทย การใช้แบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลสามารถสร้างความตระหนักให้แก่ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องถึงประโยชน์ของแนวทางเลือกต่าง ๆ ที่มีผลต่อการลดความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบ ซึ่งจะนำไปสู่หนทางแก้ไขปัญหาที่มีประสิทธิภาพอันจะสร้างเสริมความสามารถในการแข่งขันในระดับโลกให้แก่อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายโดยรวมของประเทศไทยต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษากิจกรรมต่าง ๆ ของกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาจนเกิดความเข้าใจ เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาล

2. เพื่อศึกษาทฤษฎี แนวความคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำแบบจำลองสถานการณ์มาใช้ในการวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. เพื่อศึกษาวิธีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาที่เหมาะสม

4. เพื่อเสนอแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานจะใช้ข้อมูลของโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่งในจังหวัดสุพรรณบุรีเป็นกรณีศึกษาเพื่อความสะดวกในการเก็บข้อมูล

2. จังหวัดที่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาตั้งอยู่และจังหวัดใกล้เคียง ชาวไร่อ้อยส่วนมากนิยมปลูกอ้อยพันธุ์ K 84-200 เป็นหลัก ดังนั้นในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลจะใช้ข้อมูลของอ้อยพันธุ์ K 84-200 แทนข้อมูลของอ้อยพันธุ์อื่น ๆ ทั้งหมด

3. ขอบเขตของแบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาล ครอบคลุมกระบวนการตั้งแต่การเก็บเกี่ยวอ้อย การขึ้นอ้อย การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล การนำอ้อยเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยที่โรงงาน จนกระทั่งถึงการนำรถบรรทุกกลับไปที่ไร่

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถใช้แบบจำลองสถานการณ์ในการวิเคราะห์ถึงผลที่เกิดขึ้นจากวิธีการแก้ไขปัญหาทางเลือกต่าง ๆ ได้อย่างน่าเชื่อถือ

2. เป็นแนวทางเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
แนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์สำหรับใช้ในการวิเคราะห์การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลด้วยรถบรรทุก ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์และทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อการวิเคราะห์การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลด้วยรถบรรทุกต่อไป

2.1 แนวคิดและทฤษฎีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) เป็นศาสตร์หนึ่งของสาขาการวิจัยดำเนินงาน (Operation Research) โดยเริ่มเป็นที่นิยมใช้ในการแก้ปัญหาหลังจาก Von Neumann, Ulam และ Fermi ประสบความสำเร็จในการใช้การจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Model) ในการพัฒนาการสร้างระเบิดปรมาณู (Mize, Joe. H. and Cox, Grady. J. 1968) ทำให้มีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ไปใช้ในการแก้ปัญหาอื่นอีกมากมาย เช่น แบบจำลองแถวคอยระบบจราจร แบบจำลองการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น นอกจากนี้ความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในการแก้ปัญหาทำได้อย่างสะดวกและรวดเร็วขึ้น ก็ส่งผลให้ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น

การศึกษาแนวคิดและทฤษฎีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ให้ได้ความเข้าใจอย่างลึกซึ้งนั้นจำเป็นต้องศึกษาถึงระบบ (System) และแบบจำลอง (Model) เสียก่อน

2.1.1 ระบบ (System)

ระบบ หมายถึง กลุ่มของสมาชิกที่ทำงานร่วมกันเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ได้ตั้งไว้ เช่น พนักงานห้องชั่ง เครื่องชั่งน้ำหนัก และคอมพิวเตอร์ ต้องทำงานร่วมกันในระบบชั่งน้ำหนักรถบรรทุกเพื่อให้การชั่งน้ำหนักรถเป็นไปอย่างถูกต้อง และรวดเร็วตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

องค์ประกอบของระบบโดยทั่วไป ประกอบไปด้วย

1. ส่วนทำการ (Entity) คือ องค์ประกอบต่างๆ ในระบบซึ่งเป็นสิ่งที่เราสนใจจะศึกษา โดยส่วนทำการอาจจะเป็นส่วนทำการที่สามารถเคลื่อนที่ (Dynamic Entity) ในระบบได้หรือเป็นส่วนทำการอยู่กับที่ (Static Entity) ที่ให้บริการกับส่วนทำการอื่น เช่น รถ

บรรทุกอ้อยเป็นส่วนทำการที่สามารถเคลื่อนที่ เครื่องชั่งน้ำหนักเป็นส่วนทำการอยู่กับที่ เป็นต้น

2. คุณสมบัติของส่วนทำการ (Attribute) คือ คุณสมบัติของส่วนทำการแต่ละตัวซึ่งจะอยู่ในรูปของตัวเลข ส่วนทำการต่าง ๆ อาจจะมีคุณสมบัติของส่วนทำการที่เหมือนกันได้

3. กิจกรรม (Activity) คือ กรรมวิธีหรือลักษณะที่ส่วนทำการกระทำในระบบ

4. สถานภาพของระบบ (System State) คือ ที่เก็บรวบรวมตัวแปรของระบบ (System State Variable) ที่จำเป็นในการอธิบายสภาพของระบบ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง

5. เหตุการณ์ (Event) คือ สิ่งที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบ

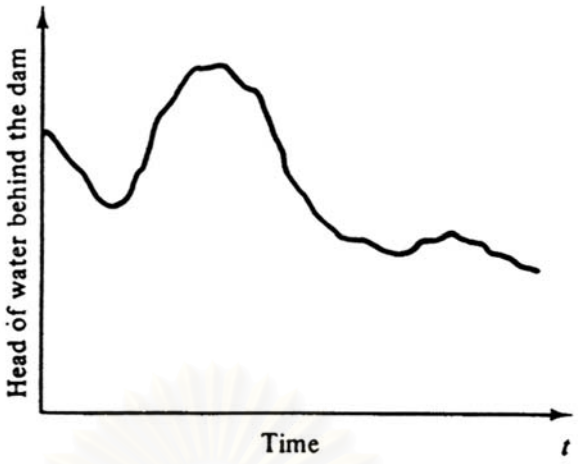
6. ลำดับการดำเนินการ (List Processing) คือ ลักษณะของการจัดแถวคอยของส่วนทำการเคลื่อนที่ไปใช้บริการของส่วนทำการอยู่กับที่หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งได้ว่าทรัพยากร (Resource) เช่น มาก่อนออกก่อน (First In First Out, FIFO) มาก่อนออกทีหลัง (First In Last Out, FILO)

ประเภทของระบบจะถูกจำแนกตามการนำไปใช้งาน โดยอาศัยลักษณะการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบ ซึ่งแบ่งออกได้ 6 ประเภท ดังนี้

1. ระบบสถิต (Static System) คือ ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบโดยไม่เกี่ยวข้องกับเวลา

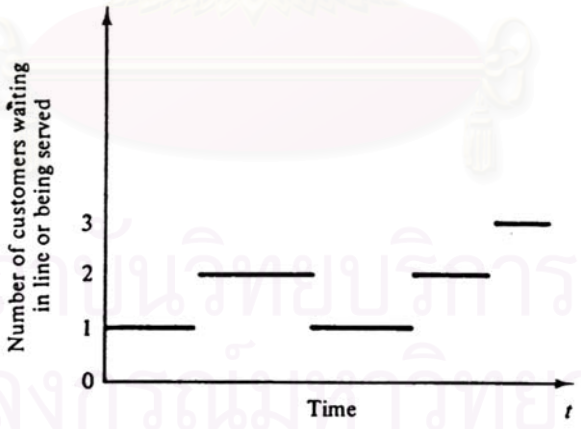
2. ระบบพลวัต (Dynamic System) คือ ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบที่เกี่ยวข้องกับเวลา

3. ระบบต่อเนื่อง (Continuous System) คือ ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบต่อเนื่องตลอดเวลา เช่น ตำแหน่งของเครื่องบินขณะบินอยู่บนท้องฟ้า ความสูงของระดับน้ำหลังเขื่อน เป็นต้น ตัวอย่างของกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของระบบต่อเนื่องกับเวลาแสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของระบบต่อเนื่องกับเวลา
ที่มา : Banks and Carson (1984)

4. ระบบแบบเป็นช่วง (Discrete System) คือ ระบบงานที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบเป็นช่วงๆ ระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง เช่น ระบบจราจรที่พิจารณารถแต่ละคันไป จำนวนลูกค้าที่เข้าแถวคอย เป็นต้น ตัวอย่างของกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของระบบแบบเป็นช่วงกับเวลาแสดงได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของระบบแบบเป็นช่วงกับเวลา
ที่มา : Banks and Carson (1984)

5. ระบบแน่นอน (Deterministic System) คือ ระบบที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบใหม่ เมื่อวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลนำเข้า (Input Data) ชุดเดิม ผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าเท่าเดิมทุกครั้ง

6. ระบบไม่แน่นอน (Stochastic System) คือ ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบที่ไม่สามารถคาดเดาได้ว่าจะเกิดอะไรขึ้นเป็นไปตามความน่าจะเป็นขององค์ประกอบต่าง ๆ เมื่อวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลนำเข้า (Input Data) ชุดเดิม ผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าไม่เท่าเดิมทุกครั้ง

2.1.2 แบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model)

แบบจำลองสถานการณ์สามารถแบ่งออกได้ตามประเภทของระบบที่ถูกจำลองโดยแบบจำลองสถานการณ์ 6 ประเภท ตามที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อของระบบ การวิเคราะห์การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลทรายด้วยรถบรรทุกจะใช้แบบจำลองสถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบตามระยะเวลา โดยเปลี่ยนแปลงแบบเป็นช่วง ๆระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง และไม่สามารถคาดเดาได้ว่าจะเกิดอะไรขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะของระบบพลวัต (Dynamic System) ระบบแบบเป็นช่วง (Discrete System) และระบบไม่แน่นอน (Stochastic System) รวมกัน (Law, Averill M. and Kelton, W. David., 1991) แบบจำลองสถานการณ์ประเภทนี้เรียกว่า แบบจำลองสถานการณ์ของระบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete-Event Simulation Model) โดยมีโครงสร้างของแบบจำลองสถานการณ์ ดังนี้

2.1.2.1 โครงสร้างของแบบจำลองสถานการณ์

การสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของแบบจำลองสถานการณ์ ก่อนที่จะเริ่มทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ จะช่วยให้แบบจำลองที่จะสร้างสามารถเป็นตัวแทนของระบบจริงได้ใกล้เคียงมากที่สุด โดยมีลักษณะและพฤติกรรมต่าง ๆ ของระบบจริงครบถ้วนและถูกต้อง โครงสร้างแบบจำลองโดยทั่วไปประกอบไปด้วย

- องค์ประกอบของระบบ (Components) แบบจำลองที่สมบูรณ์จะต้องมีองค์ประกอบต่าง ๆ ที่จำเป็นในการทำงานครบถ้วนตามระบบจริง องค์ประกอบของระบบสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ผู้รับบริการ (Transaction) ของระบบ และผู้ให้บริการ (Facility) ของระบบ เมื่อสามารถแบ่งองค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบได้แล้วจะต้องสามารถระบุเหตุการณ์ (Event) ที่เกิดขึ้นตามลำดับได้ด้วย เหตุการณ์ คือ สิ่งที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบ เช่น ระบบการชั่งน้ำหนักรถจะประกอบไปด้วยรถบรรทุกอ้อยซึ่งเป็น Transaction ในระบบ เครื่องชั่งน้ำหนักซึ่งเป็น Facility ในระบบและเหตุการณ์แรกที่เกิดขึ้นในระบบ คือ การเข้ามาชั่งน้ำ

หนักของรถบรรทุก ที่ทำให้สถานภาพของระบบเปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ จากที่ไม่มี Transaction ในระบบ หรือระบบที่มี Transaction เท่ากับ 0 ไป เป็นระบบที่มี Transaction เท่ากับ 1 เป็นต้น

- พารามิเตอร์ (Parameter) คือ ค่าคงที่ที่ผู้ใช้แบบจำลองเป็นผู้กำหนดเอง หรืออาจจะเป็นค่าที่ผู้สร้างแบบจำลองเป็นผู้กำหนดขึ้นก็ได้

- ตัวแปร (Variable) เป็นค่าไม่คงที่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะจริงของการใช้งาน ตัวแปรจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ ตัวแปรภายนอก (Exogenous Variable) หรือ ตัวแปรนำเข้า (Input Variable) และตัวแปรภายใน (Endogenous Variable) ตัวแปรภายนอกเป็นตัวแปรที่มาจากปัจจัยภายนอกระบบ ซึ่งมีผลต่อการทำงานของระบบ ส่วนตัวแปรภายในเป็นตัวแปรที่เกิดขึ้นภายในระบบซึ่งสามารถบอกถึงสภาวะหรือเงื่อนไขของระบบได้ หรืออาจจะอยู่ในลักษณะตัวแปรนำออก (Output Variable) ซึ่งแสดงผลที่ได้จากการใช้งานของระบบ

- ฟังก์ชันความสัมพันธ์ (Functional Relationship) คือ ฟังก์ชันที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับพารามิเตอร์ ฟังก์ชันนี้อาจมีลักษณะแน่นอนตายตัวหรือไม่ก็ได้ ฟังก์ชันความสัมพันธ์เหล่านี้อาจหามาได้จากสมมติฐานหรือประเมินจากข้อมูลร่วมกับวิธีการทางสถิติก็ได้ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับพารามิเตอร์โดยมากจะสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ได้ซึ่งง่ายต่อการทำความเข้าใจ

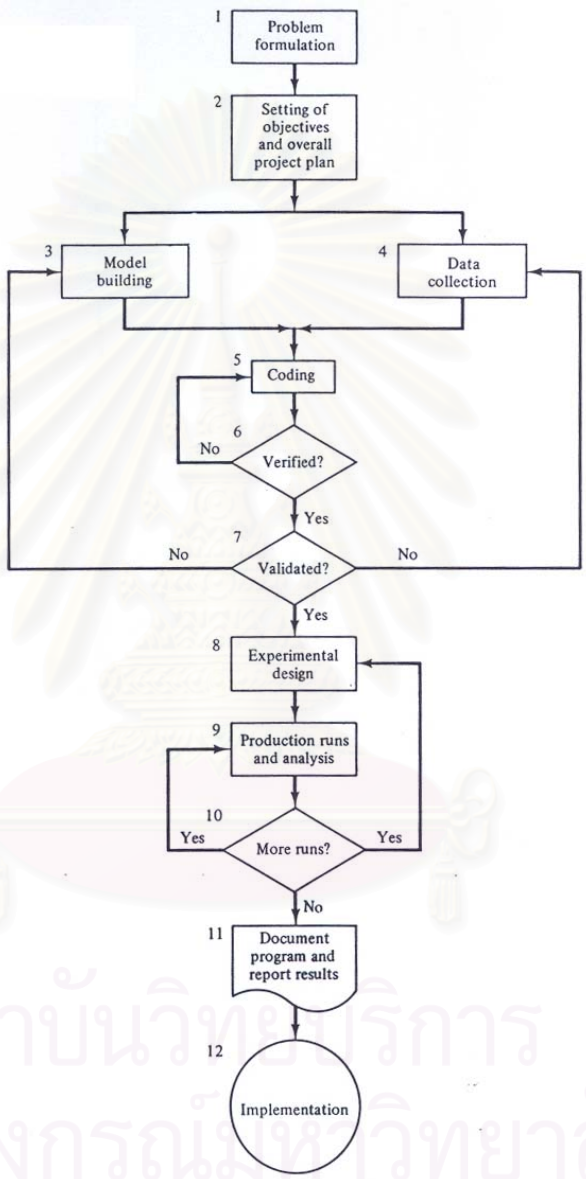
- ขอบเขตจำกัด (Constraints) คือ ข้อจำกัดของค่าตัวแปรต่างๆ ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดที่ผู้ใช้แบบจำลองเป็นผู้กำหนด เช่น ข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร ไม่ว่าจะเป็น จำนวนเครื่องชั่งน้ำหนัก เป็นต้น หรือ เป็นข้อจำกัดของระบบโดยธรรมชาติ

- ตัววัดผลการดำเนินงาน (Performance Measure) คือ ตัววัดผลทางปริมาณของวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ซึ่งเป็นตัวประมวลผลของเป้าหมายที่ตั้งไว้ เช่น ระยะเวลาตั้งแต่เก็บเกี่ยวอ้อยจนถึงหีบอ้อย ระยะเวลารอคอยของรถบรรทุกอ้อยที่โรงงานน้ำตาลทราย เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.2.2 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของผู้สร้างแบบจำลองแต่ละรายจะแตกต่างกันไป แต่ตามมาตรฐานแล้วขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์โดยทั่วไปจะดำเนินการตามแผนผังขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ดังรูปที่ 2.3 และมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้



รูปที่ 2.3 แผนผังขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์
ที่มา : Banks and Carson (1984)

- การกำหนดปัญหา (Problem Formulation) การกำหนดปัญหาเป็นขั้นตอนแรกของการศึกษาเพื่อการแก้ปัญหาต่าง ๆ การที่กำหนดปัญหาไม่ตรงกับ

ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง ย่อมทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่เกิดประโยชน์อะไร ผู้วางแผนสร้างแบบจำลองต้องมั่นใจว่าปัญหาที่หยิบขึ้นมานั้นครอบคลุมปัญหาทั้งหมดที่ต้องการศึกษาแล้ว

- การกำหนดวัตถุประสงค์และการวางแผนการศึกษา (Setting of Objectives and Overall Project Plan) การกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาเป็นการระบุขอบเขต รูปแบบ หรือองค์ประกอบที่สำคัญของแบบจำลองเพื่อให้สามารถใช้ในการวิเคราะห์ให้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ผู้สร้างแบบจำลองอาจสร้างแบบจำลองจากระบบจริงได้หลายรูปแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษา ดังนั้นการมีความรู้และความเข้าใจในระบบที่จะทำการสร้างแบบจำลองจึงเป็นสิ่งที่สำคัญในการที่จะกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษา

  การวางแผนการศึกษาจะประกอบไปด้วยการกำหนดระยะเวลา จำนวนเงิน บุคลากร เครื่องมือ และโปรแกรมที่ต้องใช้ รวมไปถึงการกำหนดกรณีศึกษาที่จะทำการวิเคราะห์เมื่อแบบจำลองสร้างเสร็จแล้ว

- การสร้างแบบจำลอง และการเก็บรวบรวมข้อมูล (Model Building and Data Collection) แบบจำลองที่สร้างนั้นจะต้องเป็นตัวแทนของระบบจริงที่เราจะศึกษาได้ โดยการสร้างแบบจำลองควรเริ่มสร้างจากแบบจำลองง่าย ๆ ก่อน แล้วจึงค่อย ๆ เพิ่มองค์ประกอบต่าง ๆซึ่งทำให้แบบจำลองมีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆจนกระทั่งแบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของระบบจริงได้ โดยที่องค์ประกอบที่เพิ่มเข้าไปที่ทำให้แบบจำลองมีความซับซ้อนมากขึ้นนั้น ไม่ควรเพิ่มมากเกินไปจากวัตถุประสงค์ของแบบจำลองที่กำหนดไว้

  การสร้างแบบจำลองและการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นสิ่งที่จะต้องกระทำไปพร้อมกัน (Shannon, 1975) เนื่องจากการเพิ่มองค์ประกอบเข้าไปในแบบจำลองต้องใช้ข้อมูลต่าง ๆ เพิ่มขึ้น วัตถุประสงค์ของแบบจำลองจะเป็นตัวกำหนดชนิดของข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม แบบจำลองที่มีวัตถุประสงค์ต่างกันถึงแม้ว่าจะจำลองมาจากระบบจริงเดียวกันก็อาจจะใช้ข้อมูลที่ไม่เหมือนกันทั้งหมด

  ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองประกอบไปด้วย ข้อมูลองค์ประกอบของแบบจำลอง ข้อมูลที่แสดงถึงเวลาของแต่ละเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ข้อมูลขอบเขตจำกัด และข้อมูลอื่นที่มีผลกระทบต่อระบบ การเก็บข้อมูลองค์ประกอบของแบบจำลอง ข้อมูลขอบเขตจำกัด และข้อมูลอื่นที่มีผลกระทบต่อระบบสามารถใช้วิธีการสัมภาษณ์ การศึกษาจากเอกสาร หรือการสังเกต

จากระบบจริงก็ได้ แต่การเก็บข้อมูลที่แสดงถึงเวลาของแต่ละเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนั้นซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญมากจะต้องใช้การจับเวลาเท่านั้น โดยข้อมูลที่ได้มาทั้งหมดจะต้องจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่พร้อมจะนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองได้ด้วย ข้อมูลส่วนใหญ่จะเป็นข้อมูลในเชิงปริมาณซึ่งอาจจะต้องนำเทคนิคทางสถิติมาใช้ในการจัดเตรียมข้อมูล

จุดมุ่งหมายของการเก็บรวบรวมข้อมูลก็คือ นำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลอง และเก็บรวบรวมไว้เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้นว่ามีความน่าเชื่อถือหรือไม่ ดังนั้นการเก็บข้อมูลจึงเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญต่อความสมบูรณ์ของแบบจำลองที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ระบบจริง

- การแปลงข้อมูลลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Coding) การสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีความเหมาะสมกับการศึกษาระบบที่มีความซับซ้อนมาก เนื่องจากให้ผลในการวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำเป็นที่จะต้องมีการแปลงข้อมูลลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สร้างแบบจำลองในรูปของคำสั่งตามโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เลือกใช้

- การตรวจสอบและการทดสอบความถูกต้อง (Verification and Validation) ของแบบจำลอง การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเป็นการตรวจสอบดูว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้นสามารถทำงานได้เหมาะสมไม่มีข้อผิดพลาดในการแปลงข้อมูลลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Debug) โดยทั่วไปแล้วการพิสูจน์ความถูกต้องของแบบจำลองจะใช้สามัญสำนึกของผู้สร้างแบบหรืออาจจะใช้การสอบถามผู้เชี่ยวชาญระบบจริงนั้นก็ได้ ส่วนการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองเป็นการตรวจสอบว่าแบบจำลองนั้นเป็นตัวแทนที่สมบูรณ์ของระบบจริงหรือไม่ โดยการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้มาจากแบบจำลองกับข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากระบบจริงภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดเดียวกัน

ผู้สร้างแบบจำลองจะทำการตรวจสอบความถูกต้อง และทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองไปพร้อมกันหลังจากขั้นตอนการแปลงข้อมูลลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์กระทำเสร็จสิ้นแล้ว ดังนั้น ผู้สร้างแบบจำลองอาจจะต้องทำการตรวจสอบความถูกต้อง และทดสอบความถูกต้องแบบจำลองหลายครั้งจนกว่าแบบจำลองจะมีองค์ประกอบที่ครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาที่ตั้งไว้ ซึ่งการตรวจสอบความถูกต้อง และทดสอบความถูก

ต้องของแบบจำลองจะเป็นการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้สร้างและผู้ใช้แบบจำลองว่าผลที่ได้จากแบบจำลองมีความถูกต้องและตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ จึงถือได้ว่าขั้นตอนนี้มีความสำคัญอย่างมาก

- การออกแบบทดลอง และทดลองแบบจำลองสถานการณ์ (Experimental Design and Production Runs) แบบจำลองสถานการณ์ที่ผ่านการพิสูจน์ความถูกต้อง และการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองแล้ว ผู้สร้างแบบจำลองสถานการณ์จะทำการออกแบบทดลองแบบจำลองสถานการณ์โดยจะออกแบบทดลองแบบจำลองให้ตรงกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้แล้วนำมาทดลองกับแบบจำลองสถานการณ์เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองมาทำการวิเคราะห์ผล

- การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ การทำคู่มือการใช้งานและทำรายงานผล และการนำไปใช้งาน (Analysis, Document Program Report Results and Implementation) ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกรวบรวมแล้วนำไปประเมินผลและรายงานผู้ที่เกี่ยวข้องให้รับทราบ ผู้สร้างแบบจำลองสถานการณ์จำเป็นต้องทำคู่มือการใช้แบบจำลองสถานการณ์ขึ้นมาด้วยเพื่อให้ผู้ใช้แบบจำลองสถานการณ์ทราบถึงกระบวนการทำงานซึ่งจะทำให้การใช้แบบจำลองสถานการณ์สะดวกขึ้น

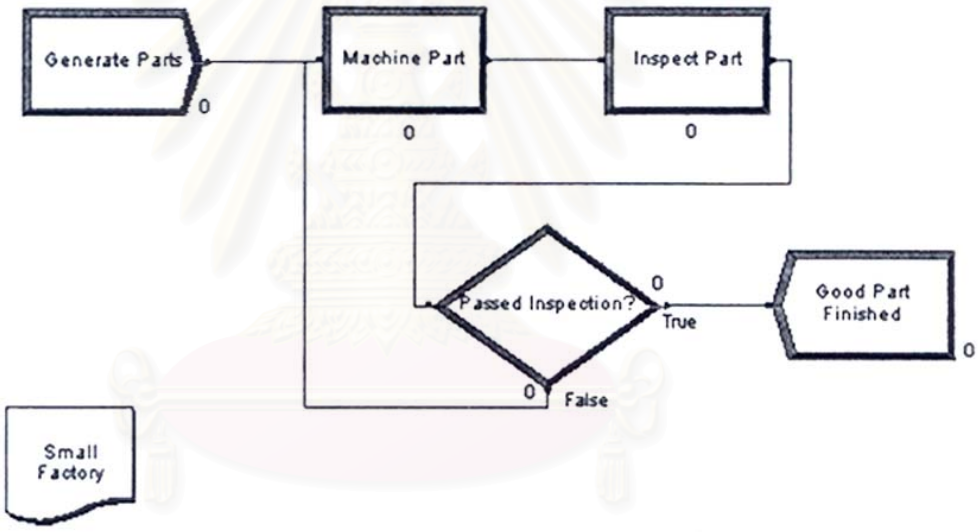
2.1.2.3 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของระบบจริงที่ไม่มีความซับซ้อนของระบบมากนักสามารถทำได้โดยใช้การคำนวณด้วยมือธรรมดา แต่สำหรับระบบที่ซับซ้อนหากสร้างแบบจำลองสถานการณ์โดยคนอาจจะต้องใช้เวลามาก อีกทั้งยังมีความผิดพลาดสูงอีกด้วย ดังนั้นจึงนิยมใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของระบบซับซ้อนเพราะมีความแม่นยำสูงกว่า และในกรณีที่ต้องวิเคราะห์ทางเลือกหลาย ๆทาง แบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถทำการวิเคราะห์ซ้ำแล้วซ้ำอีกได้รวมถึงยังประหยัดเวลาในการวิเคราะห์แต่ละทางเลือกอีกด้วย

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในปัจจุบันมีมากมายหลายโปรแกรม โดยสามารถแบ่งประเภทของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ดังนี้

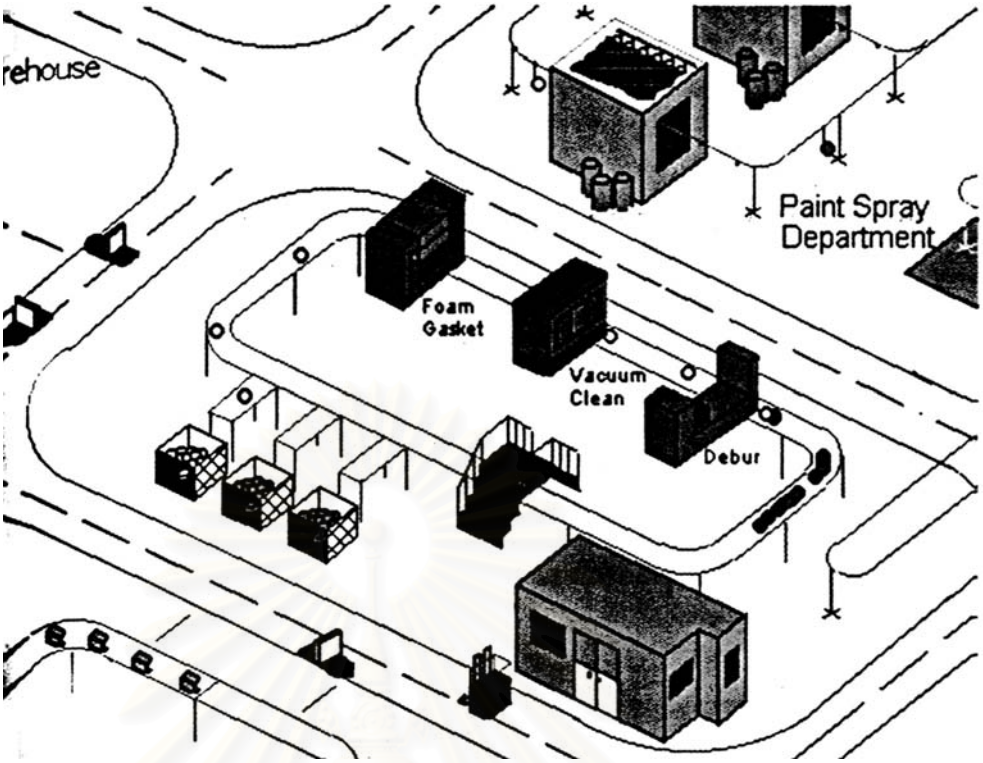
1. โปรแกรมพื้นฐานที่ใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ในการเขียนโปรแกรมทั่วไป (General Programming Languages) การนำโปรแกรมนี้มาใช้ ผู้สร้างแบบจำลองต้องประยุกต์ให้เข้ากับระบบที่กำลังศึกษาเอง ตัวอย่างของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเภทนี้ เช่น FORTRAN, Pascal, BASIC, C เป็นต้น

2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์โดยเฉพาะ (General Purpose Simulation Software) คือ โปรแกรมที่ถูกออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับใช้สร้างแบบจำลองสถานการณ์ซึ่งทำให้การทำความเข้าใจและการใช้โปรแกรมในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์จะทำได้ง่ายกว่าโปรแกรมพื้นฐานที่ใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ในการเขียนโปรแกรมทั่วๆ ไป โปรแกรมประเภทนี้อาจจะมีหรือไม่มีภาพประกอบก็ได้ ตัวอย่างของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์โดยเฉพาะที่ไม่มีรูปภาพประกอบ เช่น AweSim, GPSS, SIMSCRIPT ตัวอย่างของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์โดยเฉพาะที่มีภาพประกอบ เช่น Arena, Extend, SIMAN/Cinema, SLAM เป็นต้น โดยมีลักษณะการใช้งานของโปรแกรมที่มีภาพประกอบแสดงโดยรูปที่ 2.4 ถึงรูปที่ 2.8



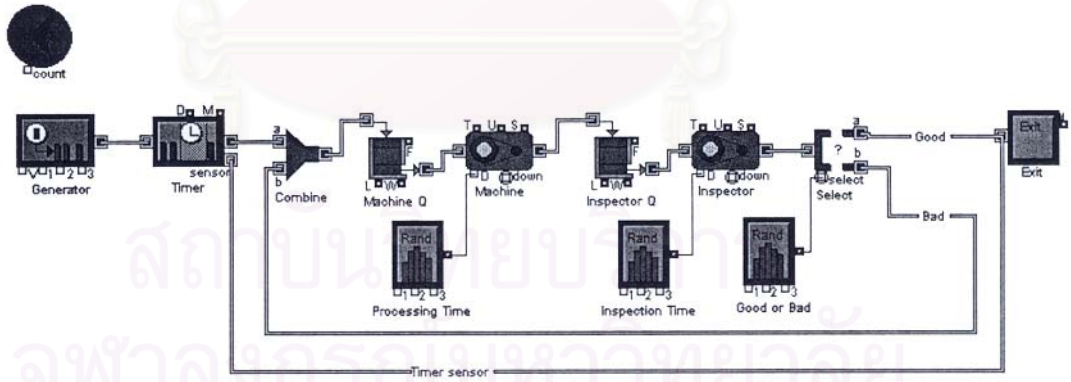
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตด้วยโปรแกรม Arena
ที่มา : Law and Kelton (2000)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



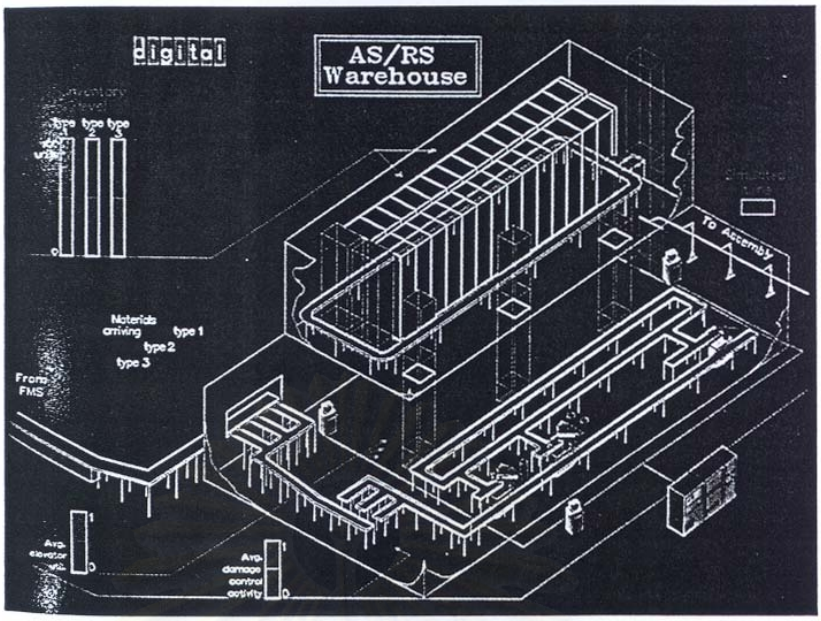
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างของภาพประกอบแบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตที่สร้างด้วยโปรแกรม Arena

ที่มา : Law and Kelton (2000)

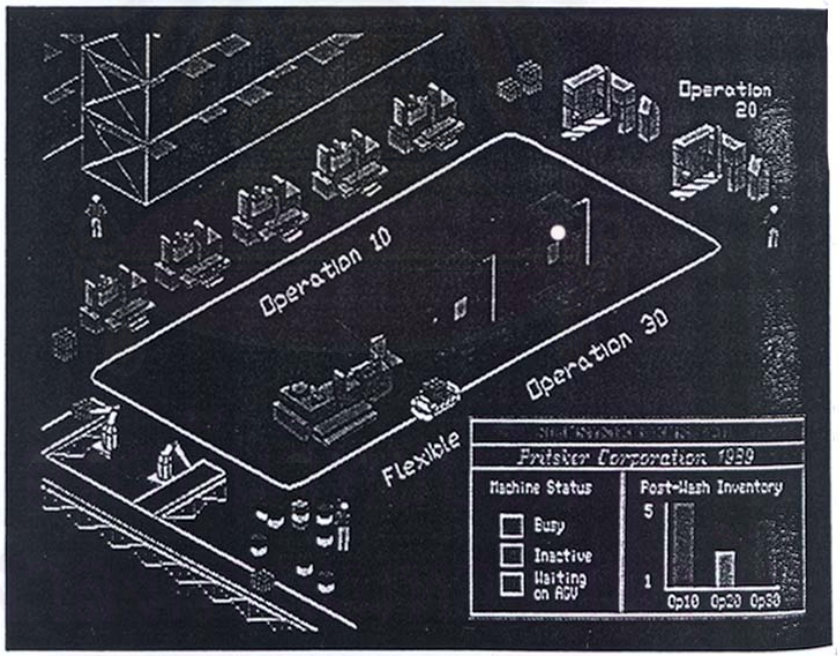


รูปที่ 2.6 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตด้วยโปรแกรม Extend

ที่มา : Law and Kelton (2000)



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างของภาพประกอบแบบจำลองสถานการณ์ระบบการจัดการคลังสินค้าที่สร้างด้วยโปรแกรม SIMAN/Cinema
ที่มา : Law and Kelton (1991)



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างของภาพประกอบแบบจำลองสถานการณ์โรงงานที่สร้างด้วยโปรแกรม SLAM
ที่มา : Law and Kelton (1991)

2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

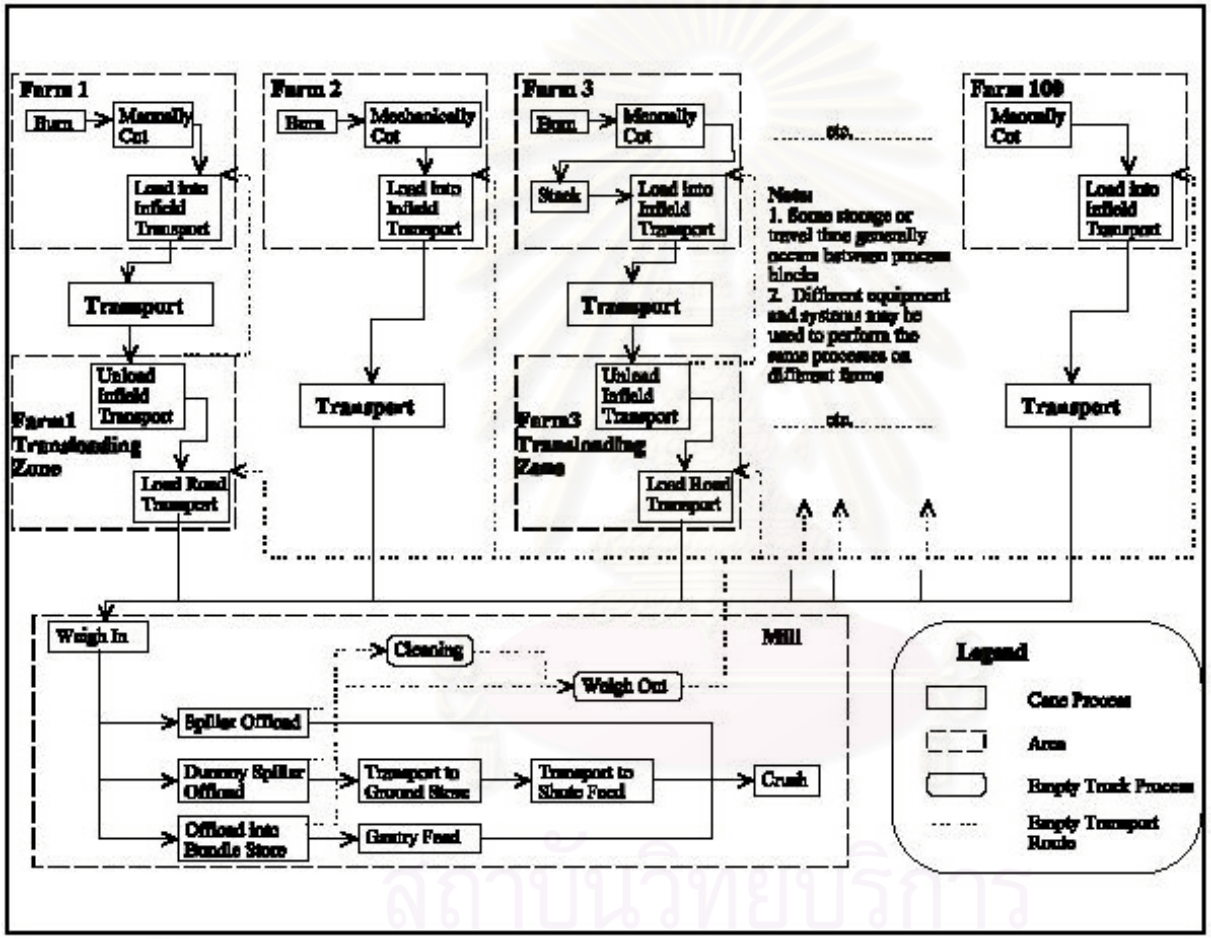
ส่วนนี้จะทบทวนถึงผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลทราย

Hansen, Barnes และ Lyne (1998) ได้ใช้วิธีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในการวิเคราะห์ระบบการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล เพื่อใช้ในการตรวจสอบกลยุทธ์ในการเก็บเกี่ยวต่างๆ และการเปลี่ยนแปลงจำนวนและชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวและการขนส่งที่ถูกนำเสนอเพื่อใช้ในการลดความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย

คณะผู้วิจัยได้ศึกษาโรงงานน้ำตาล Sezela ทางชายฝั่งตอนใต้ของจังหวัด KwaZulu-Natal ที่ประเทศแอฟริกาใต้ ซึ่งสามารถผลิตอ้อยได้ประมาณสองล้านตันต่อปี นับเป็นปริมาณอ้อยประมาณร้อยละสิบของอ้อยที่ผลิตได้ทั้งหมดของประเทศแอฟริกาใต้ เหตุผลที่คณะผู้วิจัยเลือกใช้พื้นที่นี้ในการศึกษาเนื่องจากมีการศึกษาแบบจำลองสถานการณ์ของโรงงานน้ำตาล Sezela และมีข้อมูลของพื้นที่นั้นอยู่แล้ว

คณะผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม “Arena” ที่ใช้พื้นฐานของระบบ “SIMAN/Cinema” ในการพัฒนาแบบจำลองเดิม “Arena” จะใช้กับระบบการผลิต แต่ในระยะหลังได้เริ่มมีการนำมาประยุกต์ใช้ในการขนส่งบ้าง หลักการของโปรแกรม “Arena” จะพัฒนาแบบจำลองโดยใช้วิธีการสร้างแผนผังเพื่อแสดงให้เห็นขั้นตอนต่างๆ ในระบบ ซึ่งตัวโปรแกรมจะแปลงมาเป็นรหัสแบบจำลองพื้นฐาน โดยแนวความคิดพื้นฐานของระบบ คือ ส่วนทำการต่างๆ (Entities) ซึ่งอาจใช้แทนคน วัตถุ (เช่น ตันอ้อย) เคลื่อนที่ผ่านระบบทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสถานภาพของระบบ (State of System) และมีผลกระทบซึ่งกันและกันตลอดเวลาด้วยทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด เช่น คน เครื่องจักร หรือสถานที่จัดเก็บ

การศึกษานี้เริ่มต้นจากการศึกษาโครงสร้างของระบบการขนส่งและจัดส่งอ้อยของประเทศแอฟริกาใต้ ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ซึ่งเป็นระบบที่มีชาวไร่อ้อยจำนวนมากทั้งรายใหญ่และรายเล็กและไร่อ้อยบางส่วนก็เป็นของโรงงานน้ำตาล วิธีการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลจะมีความหลากหลายวิธีแตกต่างกันไปในแต่ละไร่ เช่น ในบางไร่จะใช้คนตัดอ้อยและกองอ้อยไว้ ในขณะที่บางไร่จะใช้รถตัดและขนถ่ายอ้อยขึ้นสู่ยานพาหนะในไร่ (Infield Transport) ซึ่งอาจจะขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานโดยตรง บางส่วนของอ้อยจะถูกขนส่งโดยบริษัทขนส่งแต่บางรายก็ขนส่งด้วยพาหนะของตนเอง อ้อยบางส่วนจะไม่ได้ส่งไปโรงงานโดยตรงจะขนถ่ายมาที่เขตขนถ่าย (Transloading Zone) ซึ่งจะขนขึ้นรถและขนลงรถโดยเครน (Crane) หรือเครื่องจักรยกแบบก้ามปู (Grab Loader) จากนั้นรถจะขนอ้อยไปลงที่สายพานหีบอ้อยหรือพื้นที่เทอ้อยซึ่งจะถูกย้าย



รูปที่ 2.9 โครงสร้างของระบบการขนส่งและจัดส่งอ้อยของประเทศแอฟริกาใต้

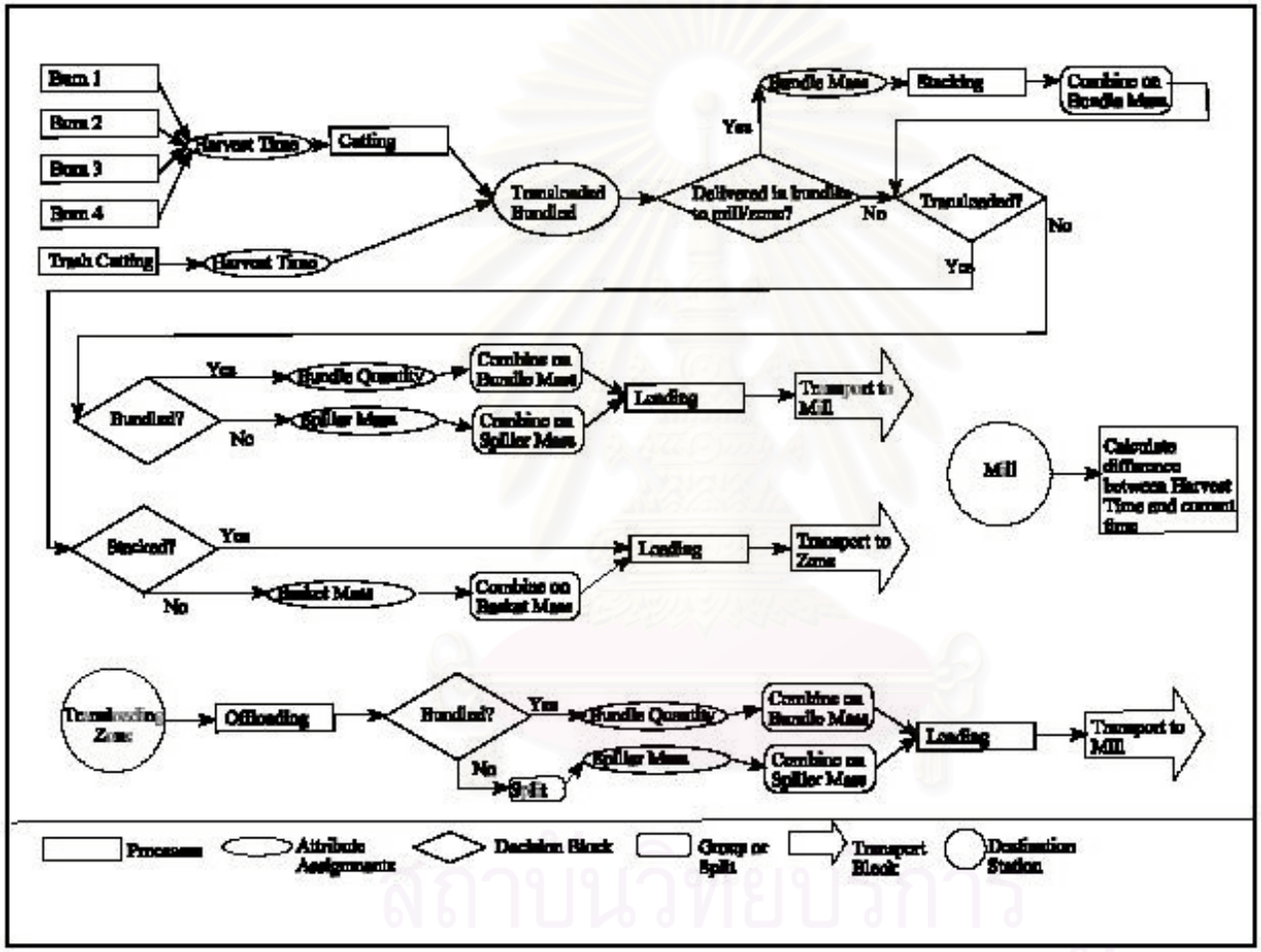
ที่มา : Hansen and others (1998)

ต่อไปยังที่เก็บอ้อยโดยเครนยกอ้อย (Gantry Crane) และทิ้งไว้จนกว่าจะได้หีบอ้อย จากนั้นคณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับระบบการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศแอฟริกาใต้จากข้อมูลและผลงานวิจัยที่ผ่านๆ มา และจากการสอบถามจากผู้ที่มีประสบการณ์ในวงการอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย ได้แก่ เจ้าหน้าที่ของโรงงานน้ำตาล Sezela และชาวไร่ในพื้นที่ เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเวลาโดยประมาณในการดำเนินการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเก็บเกี่ยวและการขนส่ง ซึ่งเวลาที่ได้จะเป็นค่าโดยประมาณแต่ต้องมีเหตุมีผลและต้องใกล้เคียงที่สุด

เมื่อคณะผู้วิจัยทำการศึกษาโครงสร้างของระบบการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลจนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้วจึงทำการออกแบบแบบจำลองสถานการณ์ขึ้น รูปแบบของแบบจำลองสถานการณ์ในช่วงแรกจะกำหนดให้แหล่งผลิตอ้อยทั้งหมดเป็นแหล่งผลิตอ้อยรวมแหล่งเดียวและความล่าช้าที่คำนวณได้จะถูกถ่วงน้ำหนักตามตันอ้อยที่ขนส่งและจัดส่งในแต่ละวิธี แบบจำลองสถานการณ์ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนการเก็บเกี่ยวและการขนส่ง และส่วนโรงงานน้ำตาล โดยจะกำหนดให้การขนส่งอ้อยมีได้อย่างไม่จำกัด โครงสร้างของแบบจำลองสถานการณ์การเก็บเกี่ยวและการขนส่งในช่วงเริ่มแรกเขียนเป็นแผนผังได้ดังรูปที่ 2.10

คณะผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ของแบบจำลองสถานการณ์ในส่วนของการเก็บเกี่ยวและการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล เพื่อหาส่วนประกอบของแบบจำลองสถานการณ์ที่จะต้องทำการพัฒนาต่อไป ผลลัพธ์ที่ได้ชี้ให้เห็นว่ามีข้อบกพร่องในสมมติฐานของแบบจำลองสถานการณ์ที่ว่าการขนส่ง สามารถกระทำได้อย่างไม่จำกัดจำนวน และการที่ระบบของการเก็บเกี่ยวและการขนส่งและระบบของโรงงานน้ำตาลสามารถแยกออกจากกันได้ การออกแบบที่ให้การขนส่งสามารถกระทำได้อย่างไม่จำกัดนั้น ทำให้ความล่าช้าที่ประมาณได้จากแบบจำลองสถานการณ์มีค่าน้อยกว่าค่าที่ควรจะเป็นจริง และการที่ไม่ได้รวมส่วนของโรงงานน้ำตาลเข้าไปในแบบจำลองสถานการณ์ในตอนแรก ชี้ให้เห็นถึงการละเลยความสัมพันธ์ระหว่างการหีบและรอบการจัดส่ง (Delivery Cycles) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้รวมแบบจำลองสถานการณ์ในส่วนของการเก็บเกี่ยวและการขนส่งอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาล และส่วนของโรงงานน้ำตาลเข้าด้วยกัน โดยมีองค์ประกอบของแบบจำลอง ดังนี้

- ส่วนทำการ คือ อ้อยหนึ่งตัน
- คุณสมบัติของส่วนทำการ คือ เวลาที่อ้อยหนึ่งตันอยู่ในส่วนต่างๆ ของระบบ



รูปที่ 2.10 แผนผังของโครงสร้างแบบจำลองสถานการณ์การเก็บเกี่ยวและการขนส่งในช่วงเริ่มแรก
ที่มา : Hansen and others (1998)

- พารามิเตอร์นำเข้า คือ แผนการเผาอ้อย ลักษณะการจัดส่งอ้อย อัตราการดำเนินการต่างๆ เช่น การเก็บเกี่ยว การขนขึ้น เป็นต้น

- ตัวแปรนำออก คือ ความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย ซึ่งถูกใช้เป็นตัววัดผลการดำเนินงานอีกด้วย

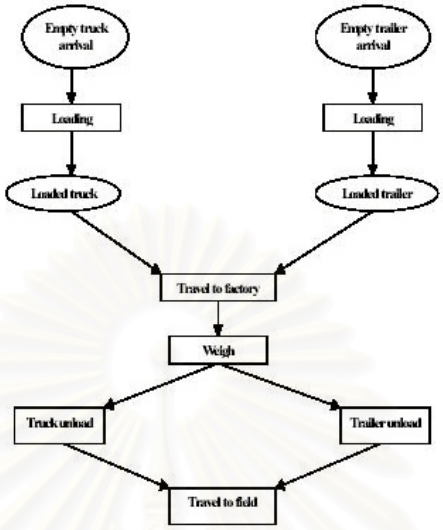
ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการรวมส่วนของโรงงานน้ำตาลเข้ากับส่วนของการเก็บเกี่ยวและการขนส่ง คือ ความแตกต่างในระดับของรายละเอียดของระหว่าง 2 ส่วน ส่วนของโรงงานจะครอบคลุมการปฏิบัติงานในพื้นที่เล็กๆ ที่มีรายละเอียดของขั้นตอนต่างๆ ที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้อย่างมีเหตุมีผล ในขณะที่ส่วนของการเก็บเกี่ยวและขนส่งครอบคลุมการปฏิบัติการในพื้นที่กว้างโดยงานหน้าที่หนึ่งสามารถทำได้หลายวิธีตามแต่ชาวไร่อ้อยแต่ละราย และปัจจัยอื่นๆ เช่น สภาพอากาศและสภาพไร่มีอิทธิพลอย่างมากต่อความยากง่ายในการทำงาน ดังนั้นเมื่อนำแบบจำลองสถานการณ์โรงงานน้ำตาลเดิมมาพัฒนา ต้องออกแบบแบบจำลองสถานการณ์ให้มีรายละเอียดในส่วนของการศึกษาเวลาการทำงานในแต่ละปฏิบัติการ เพื่อหาการกระจายตัวที่ใช้ในการอธิบายความหลากหลายของเวลาการดำเนินงาน (Process Time) ซึ่งความละเอียดในระดับนี้ไม่สามารถทำได้ในส่วนของการเก็บเกี่ยวและการขนส่ง ดังนั้นในส่วนนี้ต้องใช้การประมาณและค่ามาตรฐานสำหรับเวลาการปฏิบัติงาน

ผลงานวิจัยของ Hansen และคณะเป็นผลงานวิจัยที่มีความน่าสนใจและมีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้ในวิเคราะห์แนวทางเลือกต่างๆ โดยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อลดความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย ดังนั้นผลงานวิจัยของ Hansen และคณะจึงเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นแนวคิดเบื้องต้นในการศึกษาได้

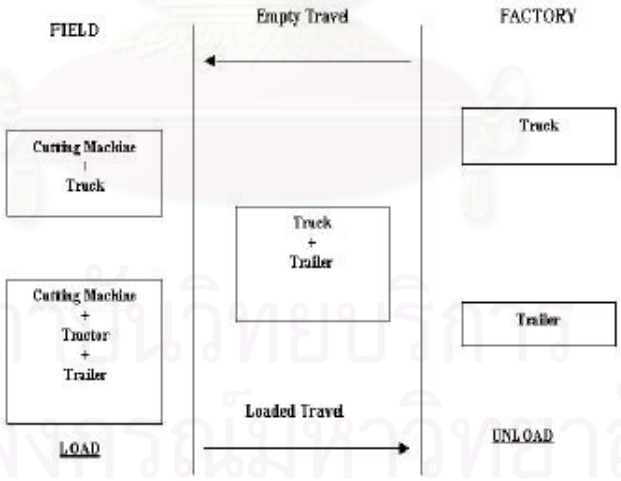
Diaz และ Perez (2000) ได้เสนอวิธีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ร่วมกับการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Optimization) ของกระบวนการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อย เพื่อจัดสรรจำนวนของรถบรรทุก รถพ่วง และรถแทรกเตอร์ให้กับทีมงานแต่ละทีมของโรงงานน้ำตาลที่ทำหน้าที่เก็บเกี่ยวอ้อยเพื่อให้ได้ปริมาณตามโควตาในแต่ละวัน

กระบวนการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศคิวบาประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ การตัดอ้อย การขนอ้อยขึ้นรถ การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล และการขนส่งอ้อยลงจากรถ ดังรูปที่ 2.11 ขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยจะทำให้เกิดการเสียเวลาซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของทีมงานและคุณภาพของอ้อยที่เก็บเกี่ยวได้ กระบวนการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยนี้จะสิ้นสุดก็ต่อเมื่อแต่ละทีมงานสามารถขนส่งอ้อยเข้าโรงงานได้ครบตามจำนวนโควตาในแต่ละวัน จุดเด่นของกระบวนการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศคิวบา คือ การใช้รถพ่วงทำให้การตัดอ้อยไม่ต้องเสียเวลาในการรอรถบรรทุกที่กำลังแล่นไปหรือกลับจากโรงงานน้ำตาล และ

ส่งผลให้รถบรรทุกไม่ต้องเสียเวลาในการรอคอยขนอ้อยขึ้น และขนอ้อยลงจากรถในแต่ละรอบดัง แสดงในรูปที่ 2.12

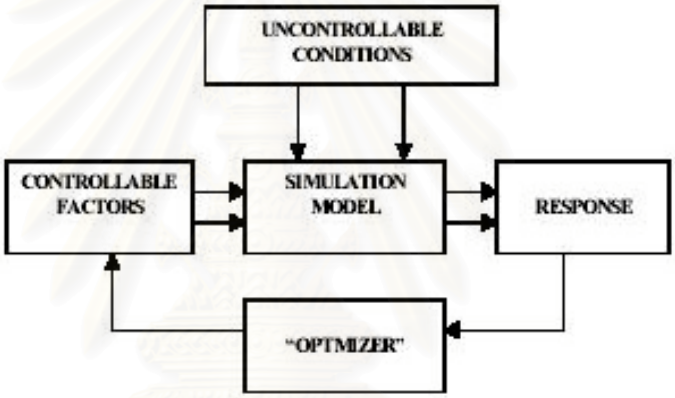


รูปที่ 2.11 ขั้นตอนของกระบวนการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลของประเทศคิวบา
ที่มา : Diaz และ Perez (2000)



รูปที่ 2.12 ระบบการขนส่งอ้อยของประเทศคิวบา
ที่มา : Diaz และ Perez (2000)

แบบจำลองสถานการณ์ถูกสร้างขึ้นด้วยโปรแกรม “Arena” หลังจากทำการศึกษาถึงกิจกรรมต่าง ๆ ในกระบวนการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยอย่างละเอียดแล้ว และทำการเก็บข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ ได้แก่ เวลาในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ จำนวนทรัพยากรที่มีอยู่ ซึ่งจะเป็นพารามิเตอร์นำเข้า โดยจะได้ตัวแปรนำออก คือ ปริมาณของอ้อยที่ขนส่งได้ ระยะเวลาที่การเก็บเกี่ยวและขนส่งครบหนึ่งรอบ และการใช้ทรัพยากรของแต่ละทีม จากนั้นจะนำสิ่งออกที่ได้จากการทดลองแบบจำลองสถานการณ์เป็นสิ่งเข้าของวิธีการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดด้วยวิธี Response Surface เพื่อกำหนดการจัดสรรทรัพยากรให้ดีที่สุด ดังรูปที่ 2.13 แต่เนื่องจากกระบวนการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลในประเทศไทยเป็นหน้าที่ของชาวไร่แต่ละรายเอง ดังนั้นการที่จะจัดสรรทรัพยากรต่าง ๆ จึงมีความเป็นไปได้น้อยมาก อย่างไรก็ดี ผลงานวิจัยของ Diaz และ Perez ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์กระบวนการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล จึงสามารถนำมาเป็นแนวคิดเบื้องต้นในการศึกษาได้



รูปที่ 2.13 กระบวนการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดของระบบที่ถูกจำลองสถานการณ์
ที่มา : Diaz และ Perez (2000)

2.3 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงแนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยมีสาระสำคัญ ดังต่อไปนี้

1. กระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลเป็นระบบที่ใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบตามระยะเวลา โดยเปลี่ยนแปลงแบบเป็นช่วง ๆ ระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง และไม่สามารถคาดเดาได้ว่าจะเกิดอะไรขึ้น ดังนั้นแบบจำลองสถานการณ์ที่เหมาะสม คือ แบบจำลองสถานการณ์ของระบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete-Event Simulation Model)

2. แบบจำลองสถานการณ์สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งการคำนวณด้วยมือธรรมดาและการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ แต่เนื่องจากกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำ

ตาลเป็นระบบที่ใหญ่ และมีความซับซ้อนมาก การคำนวณด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อการวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลจึงมีความเหมาะสมกว่า

3. การสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อการวิเคราะห์การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลด้วยรถบรรทุกจะเริ่มสร้างแบบจำลองสถานการณ์แบบง่าย ๆ ก่อนแล้วค่อยเพิ่มรายละเอียด และความซับซ้อนเข้าไปในแบบจำลองสถานการณ์จนครบตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
ระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย

ในบทนี้จะกล่าวถึงระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศไทยเพื่อเป็นการสร้างความเข้าใจถึงกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลซึ่งจะเป็นพื้นฐานนำไปสู่การสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลต่อไป

3.1 ระบบการตลาดอ้อย

ตลาดอ้อยเป็นตลาดที่มีลักษณะค่อนข้างจะผูกขาดเนื่องจากผลผลิตอ้อยทั้งหมดต้องขายให้กับโรงงานน้ำตาลที่มีอยู่ภายในประเทศจำนวน 46 โรงงานเท่านั้นเพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาล รายละเอียดของลักษณะโดยทั่วไปของระบบการตลาดอ้อยเป็นดังนี้

3.1.1 รูปแบบการซื้อขายอ้อย

โดยทั่วไปรูปแบบการซื้อขายอ้อยมีอยู่ 2 แบบ คือ การซื้อขายล่วงหน้า (Future Forward Market) และการซื้อขายแบบทันที (Spot Market) ซึ่งในปัจจุบันการซื้อขายอ้อยจะเป็นการซื้อขายล่วงหน้าเกือบทั้งหมด เนื่องจากคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายกำหนดให้ผู้ขายอ้อยกับโรงงานน้ำตาลต้องทำสัญญาการซื้อขายล่วงหน้าก่อนช่วงฤดูกาลผลิตน้ำตาลทรายตามที่กฎหมายกำหนดไว้

การทำสัญญาซื้อขายอ้อยล่วงหน้าก่อให้เกิดประโยชน์แก่ทั้งโรงงานน้ำตาลและชาวไร่อ้อย กล่าวคือ โรงงานน้ำตาลเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องใช้เงินทุนเป็นจำนวนมาก ผู้ลงทุนจึงต้องการที่จะมีความมั่นใจว่าในฤดูหีบอ้อยโรงงานของตน จะต้องมีวัตถุดิบนั่นก็คือ อ้อยป้อนเข้าสู่โรงงานน้ำตาลเพียงพอสำหรับการหีบตลอดฤดูกาลผลิตหนึ่ง ๆ ดังนั้นการซื้อขายล่วงหน้าจึงเป็นการลดความเสี่ยงของโรงงานน้ำตาลที่จะไม่มีอ้อยป้อนเข้าโรงงานตามความต้องการ ในส่วนของชาวไร่อ้อยก็สามารถมั่นใจได้ว่าอ้อยของตนเองเมื่อถึงเวลาเก็บเกี่ยวจะมีตลาดรับซื้อที่แน่นอน เนื่องจากอ้อยเป็นพืชที่ต้องตัดเมื่อถึงเวลาเก็บเกี่ยวและเมื่อตัดแล้วต้องรีบนำเข้าโรงงานน้ำตาลเพื่อทำการหีบทันทีเพราะถ้าปล่อยทิ้งไว้นานอ้อยจะเสื่อมคุณภาพ

จากการที่ประเทศไทยมีจำนวนของชาวไร่อ้อยเป็นจำนวนมากและแต่ละรายมีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยในขนาดที่แตกต่างกันไป การที่โรงงานน้ำตาลจะทำสัญญาซื้อขายอ้อยกับชาวไร่ทุกรายจึงนับเป็นความยุ่งยากอย่างมาก ดังนั้นโรงงานน้ำตาลจึงกำหนดปริมาณอ้อยขั้นต่ำไว้เป็นเกณฑ์ ถ้าชาวไร่อ้อยรายใดสามารถจัดส่งอ้อยให้โรงงานน้ำตาลได้เกินปริมาณขั้นต่ำที่กำหนดไว้โรงงานน้ำตาลก็จะทำสัญญาซื้อขายอ้อยกับชาวไร่รายนั้น ดังนั้นจึงไม่ใช่ว่าชาวไร่อ้อยทุกรายจะมี

สิทธิในการทำสัญญาซื้อขายอ้อยกับโรงงานน้ำตาล ชาวไร่อ้อยสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

- ชาวไร่อ้อยที่มีขนาดพื้นที่เพาะปลูกอ้อยมากพอที่จะสามารถผลิตอ้อยได้เป็นจำนวนมากเกินกว่าปริมาณอ้อยขั้นต่ำที่โรงงานน้ำตาลกำหนดไว้ ชาวไร่อ้อยในกลุ่มนี้จะทำสัญญาซื้อขายอ้อยกับโรงงานน้ำตาลได้โดยตรง
- ชาวไร่อ้อยที่เป็นคนกลางหรือหัวหน้าโควตา เป็นชาวไร่อ้อยที่ทำหน้าที่รวบรวมอ้อยจากชาวไร่รายอื่น ๆ รวมกับอ้อยของตนเองเพื่อให้ได้ปริมาณอ้อยที่เพียงพอกับปริมาณอ้อยขั้นต่ำที่ทางโรงงานกำหนดไว้ ชาวไร่อ้อยในกลุ่มนี้มักจะเป็นชาวไร่ที่มีปริมาณอ้อยเป็นจำนวนมากหรือมีเงินทุนมากโดยสามารถทำสัญญาซื้อขายอ้อยกับทางโรงงานน้ำตาลได้โดยตรง ในบางกรณีหัวหน้าโควตาอาจจะไม่ได้ปลูกอ้อยเองแต่เป็นนายทุนที่รับซื้ออ้อยเพื่อส่งโรงงานน้ำตาล
- ชาวไร่อ้อยที่มีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยน้อย ทำให้ไม่สามารถปลูกอ้อยได้ปริมาณเพียงพอที่จะทำสัญญาซื้อขายอ้อยกับทางโรงงานได้โดยตรง ดังนั้นชาวไร่อ้อยในกลุ่มนี้จึงต้องขายผ่านคนกลางหรือหัวหน้าโควตาที่ทำสัญญาซื้อขายอ้อยกับโรงงานน้ำตาลไว้แล้ว

ในสัญญาการซื้อขายอ้อยล่วงหน้านั้น ฝ่ายผู้ขายกับโรงงานน้ำตาลจะมีการตกลงในเรื่องของปริมาณอ้อยที่ทางผู้ขายจะต้องจัดส่งให้กับโรงงานน้ำตาล โดยผู้ขายต้องจัดส่งอ้อยให้กับทางโรงงานไม่น้อยกว่าหรือมากกว่าร้อยละ 20 ของปริมาณอ้อยที่ตกลงกันไว้

3.1.2 การกำหนดราคาอ้อย

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่พิเศษต่างจากพืชไร่อื่น คือ รัฐบาลประกันราคาอ้อยเท่ากันทั่วทั้งประเทศ ในอดีตการกำหนดราคาอ้อยจะกำหนดตามน้ำหนักของอ้อย กล่าวคือ อ้อยที่มีน้ำหนักมากจะได้ราคามากกว่าอ้อยที่มีน้ำหนักน้อยโดยไม่คำนึงถึงค่าคุณภาพความหวาน (Commercial Cane Sugar, CCS) ของอ้อยเลย ต่อมาได้มีโรงงานน้ำตาลบางแห่งรับซื้ออ้อยโดยกำหนดราคาอ้อยโดยคำนึงถึงค่าคุณภาพความหวานของอ้อยด้วย ในปัจจุบันรัฐบาลให้กำหนดราคาอ้อยตามน้ำหนักและค่าคุณภาพความหวาน กล่าวคือ อ้อยที่มีค่าคุณภาพความหวานสูงกว่าจะขายได้ราคามากกว่าอ้อยที่มีคุณภาพความหวานต่ำกว่า

ค่าคุณภาพความหวานจะตรวจวัดได้จากน้ำอ้อยที่ได้จากลูกหีบชุดที่ 1 (First Juice) โดยการคำนวณค่าคุณภาพความหวานจะคำนวณตามสมการที่ 3.1 ดังนี้

$$CCS = 0.9433\,P\,\frac{(100-F)}{100} - \frac{1}{2}\left[0.9660\,B\,\frac{(100-F)}{100} - 0.9433\,P\,\frac{(100-F)}{100}\right] \quad (3.1)$$

เมื่อ CCS = ค่าคุณภาพความหวาน (Commercial Cane Sugar, CCS) หมายถึง ค่าคุณภาพของอ้อยที่คำนวณมาจากจำนวนร้อยละของน้ำหนักน้ำตาลบริสุทธิ์ที่จะผลิตได้จากอ้อย (Pure Obtainable Sugar) ในสภาวะการผลิตมาตรฐานของโรงงาน

P = โพล (Pol) หมายถึง จำนวนร้อยละของน้ำตาลซูโครสในน้ำอ้อย

B = บริกซ์ (Brix) หมายถึง จำนวนร้อยละของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำอ้อย

F = เส้นใย (Fibre) หมายถึง ส่วนประกอบของอ้อยที่เข้าหีบที่ไม่ละลายน้ำ

ค่าโพล ค่าบริกซ์ และค่าเส้นใย สามารถทราบค่าได้จากการตรวจวิเคราะห์ทางเคมีจากแผนกลูกหีบ

ระดับค่าคุณภาพความหวานมาตรฐานที่ทางโรงงานจ่ายเงินค่าอ้อยตามราคาประกันจะอยู่ในระดับ 10 CCS อ้อยที่มีค่าคุณภาพความหวานสูงกว่า 10 CCS ทางโรงงานต้องจ่ายเงินเพิ่มขึ้นจากราคาที่รัฐบาลกำหนดให้ร้อยละ 6 ต่อ 1 CCS ส่วนอ้อยที่มีค่าคุณภาพความหวานน้อยกว่า 10 CCS ทางโรงงานต้องจ่ายเงินลดลงจากราคาที่รัฐบาลกำหนดให้ร้อยละ 6 ต่อ 1 CCS

ราคาที่รัฐบาลกำหนดนั้นจะมีอยู่ 2 ราคา คือ ราคาอ้อยขั้นต้น จะเป็นราคาประมาณการที่รัฐบาลคำนวณไว้ก่อนเริ่มฤดูกาลผลิตน้ำตาลทราย เพื่อให้โรงงานน้ำตาลชำระเงินค่าอ้อยส่วนหนึ่งให้กับชาวไร่อ้อยก่อนเมื่อนำอ้อยมาส่งที่โรงงานแล้ว และราคาอ้อยขั้นสุดท้ายจะเป็นราคาที่คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายประกาศประมาณเดือนตุลาคม โดยจะนำรายได้สุทธิที่เกิดขึ้นจากการขายน้ำตาลทุกประเภทและหักรายจ่ายแล้วมาคำนวณ เพื่อแบ่งปันให้กับฝ่ายชาวไร่อ้อยและฝ่ายโรงงานน้ำตาลตามระบบแบ่งปันผลประโยชน์ 70/30 (Sharing System 70/30) ซึ่งมีผลบังคับใช้ตั้งแต่ฤดูหีบปี 2525/26 (กุลรันต์ พุทธอรุณ 2528) จนกระทั่งในปัจจุบัน ราคาอ้อยขั้นสุดท้ายที่ชาวไร่จะได้คำนวณได้จากสมการที่ 3.2 ดังนี้

$$\text{ราคาอ้อยต่อตัน} = \frac{[0.7(R_1 + R_2)]}{Q_c} + X \qquad (3.2)$$

เมื่อ R_1 = รายได้สุทธิจากการจำหน่ายน้ำตาลภายในประเทศ

R_2 = รายได้สุทธิจากการจำหน่ายน้ำตาลไปยังต่างประเทศ

X = รายได้จากกากน้ำตาลสุทธิที่เกินจากปีฐาน (ร้อยละ 70)

Q_c = ปริมาณอ้อยที่เข้าหีบจริงในฤดูการผลิตนั้น

ในฤดูกาลผลิต 2539/40 มีการเปลี่ยนแปลงการกำหนดราคาอ้อย โดยแบ่งเป็นรายภาคและรายเขต โดยโรงงานน้ำตาลจะจ่ายเงินค่าอ้อยเพิ่มให้กับชาวไร่อ้อยในกรณีที่ราคาอ้อย

ขั้นสุดท้ายสูงกว่าราคาอ้อยขั้นต้นตามส่วนต่างที่คำนวณได้ แต่ถ้าฤดูกาลผลิตใดราคาอ้อยขั้นสุดท้ายต่ำกว่าราคาอ้อยขั้นต้น ชาวไร่อ้อยไม่ต้องจ่ายส่วนต่างนี้คืนให้กับทางโรงงานน้ำตาล โดยกองทุนอ้อยและน้ำตาลทรายจะจ่ายเงินชดเชยให้แก่โรงงานน้ำตาลเท่ากับส่วนต่างดังกล่าว

3.2 การเก็บเกี่ยวอ้อยและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุก

ฤดูเก็บเกี่ยวอ้อยของประเทศไทยจะเริ่มต้นในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนพฤษภาคม เนื่องจากเป็นช่วงฤดูกาลผลิตน้ำตาล โดยแต่ละโรงงานจะมีช่วงเวลาการเปิดหีบแตกต่างกันไปตามแต่ละพื้นที่ อย่างไรก็ตามช่วงเวลาเริ่มเปิดหีบก็ขึ้นอยู่กับสภาพฝนในแต่ละปีด้วย ถ้าฝนหมดช้าการเปิดหีบก็จะล่าช้าออกไป เพราะว่าอ้อยยังสะสมน้ำตาลได้ไม่เต็มที่ อีกทั้งมีปัญหาของการที่รถบรรทุกไม่สามารถเข้าไปขนอ้อยในไร่ได้เนื่องจากดินที่เปียกชื้น ทั้งนี้กำหนดการเปิดหีบอ้อยของแต่ละโรงงานในแต่ละปีการผลิตนั้น จะเป็นไปตามประกาศของคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล ชาวไร่จะต้องทำการตัดอ้อยและจัดส่งให้ทันในช่วงที่โรงงานเปิดหีบอยู่ เนื่องจากอ้อยเป็นวัตถุดิบที่ใช้ได้กับโรงงานน้ำตาลเท่านั้น หากเก็บเกี่ยวอ้อยไม่ทันในช่วงเปิดหีบ ชาวไร่อ้อยก็จำเป็นที่จะต้องตัดอ้อยทิ้งเนื่องจากอ้อยเมื่อสะสมน้ำหนักและความหวานสูงสุดแล้ว น้ำหนักและความหวานของอ้อยจะค่อย ๆ ลดลงดังนั้นการเก็บอ้อยไว้เพื่อตัดในฤดูการผลิตหน้าจึงทำไม่ได้

เนื่องจากในปัจจุบันราคาอ้อยถูกกำหนดโดยน้ำหนักและค่าคุณภาพความหวาน ดังนั้นชาวไร่อ้อยจะทำการเก็บเกี่ยวอ้อยในช่วงที่อ้อยสะสมน้ำหนักและความหวานสูงสุดซึ่งจะสามารถผลิตน้ำตาลต่อตันอ้อยได้สูงสุด โดยมีปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับน้ำหนักและคุณภาพความหวานของอ้อย ดังนี้

1. พันธุ์ของอ้อย อ้อยแต่ละพันธุ์มีการสะสมน้ำตาลในลำต้นได้เร็วช้าแตกต่างกัน เช่น อ้อยพันธุ์ อู่ทอง 1 พันธุ์ Co 1148 พันธุ์ K 88-92 พันธุ์ H 48-3166 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักสูงแต่มีการสะสมน้ำตาลช้า ต้องเก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม จึงจะได้น้ำหนักและคุณภาพความหวานที่สูงที่สุด ส่วนอ้อยพันธุ์อู่ทอง 2 เป็นพันธุ์ที่สะสมน้ำตาลเร็ว แต่มีข้อเสีย คือ เป็นพันธุ์ที่ออกดอกเร็ว ดังนั้นต้องเก็บเกี่ยวอ้อยพันธุ์นี้ในช่วงต้นฤดูหีบถึงกลางฤดูหีบ เนื่องจากอ้อยจะสะสมน้ำหนักและคุณภาพความหวานสูงสุดประมาณระยะออกดอก หลังดอกอ้อยโรยแล้วคุณภาพความหวานและน้ำหนักของอ้อยจะลดลงมาก (นคร สาระคุณและคณะ 2539)

2. อายุของอ้อย ในช่วงแรกของการปลูกอ้อยจะมีการเจริญเติบโตที่ช้า แต่จาก 2 เดือนขึ้นไป จนถึง 8 เดือนจะพบว่าอ้อยโตเร็วทั้งความยาวและจำนวนลำต่อกอ จาก 8 เดือนขึ้นไปจนถึง 10 เดือน หรือ 12 เดือน พบว่ามีการเจริญเติบโตค่อนข้างน้อย น้ำหนักของอ้อยเพิ่มช้าแต่กลับไปสะสมน้ำตาลแทน โดยพบว่าตั้งแต่ 8 เดือนขึ้นไป อ้อยจะหวานขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นหากต้องการอ้อยที่มีน้ำหนักสูงที่สุด และมีค่าคุณภาพความหวานมากที่สุด ควรเก็บเกี่ยวอ้อยที่มีอายุครบ นั่นคือ ควรมีอายุไม่ต่ำกว่า 11

เดือน หรือควรตัดอ้อยให้เสร็จก่อนดอกอ้อยจะโรย ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับพันธุ์ของอ้อยด้วย

ประชา ถ้ำทอง และคณะ (2536) ได้ทำการศึกษาการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักและการสะสมน้ำตาลของอ้อย 6 พันธุ์ได้แก่ พันธุ์ ROC1 พันธุ์ F 156 พันธุ์ KU 85-1-13 พันธุ์ K 84-200 พันธุ์อู่ทอง และพันธุ์ ROC 10 ในช่วงระยะเวลาต่างๆ โดยที่เริ่มปลูกเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2536 และเก็บเกี่ยวตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2536 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2537 ผลการศึกษาแสดงได้ดังตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 น้ำหนักของอ้อย 6 พันธุ์ที่ปลูกในเดือนกุมภาพันธ์ ในช่วงระยะเวลาต่างๆ กัน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน ปี 2536

พันธุ์	น้ำหนัก (กิโลกรัม/7.8 ตารางเมตร)							
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	เฉลี่ย	ตัน/ไร่
ROC 1	65.86	81.53	65.20	89.60	98.03	83.53	85.58	17.55
F 156	73.83	79.53	74.06	79.40	84.10	73.33	78.52	16.10
KU 85-1-13	61.33	65.66	65.13	79.60	77.06	67.23	69.89	14.34
KU 84-200	33.06	42.66	66.40	69.50	55.86	55.43	57.19	11.73
อู่ทอง 2	48.66	52.66	59.70	79.60	83.46	82.93	70.80	14.52
ROC 10	56.06	60.73	75.00	79.06	76.40	69.50	72.29	14.83
เฉลี่ย ตัน/ไร่	11.58	13.08	13.86	16.30	16.24	14.77		14.84

ที่มา : ประชา ถ้ำทอง และคณะ (2536)

ตารางที่ 3.2 ค่าคุณภาพความหวานของอ้อย 6 พันธุ์ที่ปลูกในเดือนกุมภาพันธ์ ในช่วงระยะเวลาต่างๆ กัน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน ปี 2536

พันธุ์	ค่าคุณภาพความหวาน (CCS)						
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	เฉลี่ย
ROC 1	6.9	11.2	11.9	15.2	15.7	13.1	15.4
F 156	4.8	7.4	10.2	12.8	13.2	10.6	13.0
KU 85-1-13	3.8	8.9	12.1	12.6	13.9	11.1	13.3
KU 84-200	4.9	9.8	12.5	12.9	14.2	13.4	13.6
อู่ทอง 2	3.8	8.6	10.1	13.4	14.3	13.8	13.9
ROC 10	4.7	8.9	10.7	11.7	13.0	11.6	12.4
เฉลี่ย	4.8	9.1	11.2	13.1	14.0	12.3	

ที่มา : ประชา ถ้ำทอง และคณะ (2536)

ผลการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักและการสะสมน้ำตาลของอ้อยจะเพิ่มขึ้นไปในช่วงระยะเวลาหนึ่งหลังจากนั้นจะลดลงมาเรื่อย ๆ

3. จำนวนครั้งที่ทำการเก็บเกี่ยวจากอ้อยแปลงนั้น อายุของอ้อยปลูกควรนับจากตั้งแต่งอก ส่วนอ้อยตอซึ่งเป็นอ้อยที่เกี่ยวเก็บมาจากฤดูกาลก่อนหน้านี้แล้วโดยไม่ได้ปลูกใหม่จะนับตั้งแต่เก็บเกี่ยวอ้อยปลูก ดังนั้นอ้อยตอจึงเป็นอ้อยที่มีความพร้อมและสุกเร็วกว่าอ้อยปลูก และอ้อยตอที่มีอายุมากกว่าจะถูกเก็บเกี่ยวก่อน หลักทั่วไปที่ใช้ในการพิจารณาลำดับการตัด คือ ต้องเก็บเกี่ยวแปลงอ้อยที่ตัดก่อนในปีที่แล้ว (หฤษฎี ภัทรดิลก และคณะ 2539) ในส่วนน้ำหนักที่ได้จากอ้อยตอจะมีน้อยกว่าอ้อยปลูก โดยทั่วไปชาวไร่อ้อยจะเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยแค่ 3 ปีต่อการปลูกหนึ่งครั้ง จากนั้นจะทำการปลูกอ้อยครั้งใหม่ อ้อยที่ปลูกปีแรกเรียกว่าอ้อยใหม่ ปีต่อไปเรียกว่าอ้อยตอปีที่หนึ่งและอ้อยตอปีที่สองตามลำดับ

4. ระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย การที่อ้อยที่ถูกตัดแล้วยังไม่ได้รับการหีบไม่ว่าจะเกิดจากการถูกทิ้งไว้ในไร่เพราะไม่มีรถบรรทุกมารับอ้อย หรือการถูกทิ้งไว้บนรถบรรทุกเพราะการติดคิวหน้าโรงงานน้ำตาลจะทำให้ทั้งน้ำหนักและค่าความหวานของอ้อยลดลงตามระยะเวลา เนื่องจากการที่อ้อยถูกทิ้งไว้นานหลังการตัดจะทำให้น้ำในอ้อยระเหยออกไปมาก ส่งผลให้สารละลายในอ้อยเข้มข้นขึ้น และเกิดสารปนเปื้อน (Impurity) และสารอื่น ๆ อีกที่เปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นพวกน้ำตาลอินเวิท (Invert Sugar) ทำให้ค่าบริกซ์สูงขึ้นและค่าโพลต่ำลง จึงทำให้ค่าคุณภาพความหวานลดลงไปด้วย และยังส่งผลถึงค่าความบริสุทธิ์ (Purity) ที่ลดลงตามเวลาด้วย นอกจากนี้แล้ว การที่ระยะเวลาที่อ้อยยังไม่ได้ถูกหีบหลังจากการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้นเท่าใด ปริมาณน้ำตาลซูโครสซึ่งเป็นน้ำตาลที่โรงงานจะผลิตจะเปลี่ยนเป็นกรดอินทรีย์ ได้แก่ กรดแลคติก (Lactic) โดยแบคทีเรีย Lactobacillus, Leuconostoc และแบคทีเรียที่ทนความร้อน ได้แก่ Bacillus, Stearothemophilus โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Leuconostoc sp. จะใช้น้ำตาลกลูโคส แล้วปล่อยเด็กซ์แทรน (Dextran) ออกมา โดยปริมาณเด็กซ์แทรนที่เกิดขึ้นยังทำให้กระบวนการผลิตในโรงงานทำได้ยุ่งยากขึ้นอีกด้วย ดังนั้นการตัดอ้อยควรจะต้องสัมพันธ์กับการจัดรถบรรทุกเข้าโรงงานในแต่ละวัน โดยหลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยแล้วควรขนส่งเข้าหีบที่โรงงานน้ำตาลให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้

5. การเผาอ้อย การเผาอ้อยจะทำให้อ้อยมีน้ำหนักลดลงเร็ว และค่าความหวานของอ้อยลดลง เร็วกว่าอ้อยตัดสด ดังนั้นหากจำเป็นต้องเผาตัดควรจำกัดพื้นที่ที่จะเผาให้พอเพียงกับการตัดในแต่ละวันเท่านั้นและต้องรีบตัดเข้าโรงงานน้ำตาลให้เร็วที่สุด จากการศึกษาพบว่า อ้อยไฟไหม้ยืนต้นจะสูญเสียความหวานมากกว่าอ้อยไฟไหม้ตัดกอง นอกจากนี้อ้อยไฟไหม้ยังมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตน้ำตาลของโรงงานอีก

ด้วย อาทิเช่น น้ำเชื่อมมีความหนืดสูง การถ่ายเทความร้อนลดลง การต้มระเหยน้ำออกจากน้ำเชื่อมทำได้ช้า ส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงาน สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และยังทำให้ผลึกน้ำตาลเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ส่งผลให้ทำการกรองได้ยากขึ้น เป็นต้น

6. ลักษณะการตัดอ้อย โคนอ้อยเป็นส่วนที่หวานเสมอไม่ว่าอ้อยจะมีอายุเท่าใด ดังนั้นการตัดอ้อยให้ชิดดินจะทำให้ได้ค่าความหวานสูง ในส่วนของยอดอ้อยซึ่งเป็นส่วนที่มีน้ำตาลน้อยถ้าไม่ตัดทิ้งจะส่งผลให้ค่าคุณภาพความหวานโดยรวมลดลงไปทำให้เงินที่ได้ลดลงไปด้วย

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับน้ำหนักและคุณภาพความหวานของอ้อยที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น เกือบทุกปัจจัยเป็นปัจจัยที่ชาวไร่อ้อยสามารถควบคุมได้ทั้งหมด ยกเว้นปัจจัยของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย นอกจากปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวไปแล้วข้างต้น หลักเกณฑ์อื่น ๆ ที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการเก็บเกี่ยวอ้อย คือ ความสามารถในการหีบอ้อยของโรงงานน้ำตาล จำนวนคนงานและอัตราการทำงานของคนตัดอ้อย จำนวนคนงานและอัตราการทำงานของคนขึ้นอ้อย จำนวนรถบรรทุกที่มี ระยะเวลาที่รถเปล่าจะวิ่งมาขึ้นอ้อยได้ใหม่ ระยะทางจากไร่อ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล เป็นต้น

การเก็บเกี่ยวอ้อยที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในประเทศไทยมีอยู่ 3 ระบบ คือ

1. การใช้แรงงานคนทั้งหมด เป็นระบบที่ใช้กันมากโดยต้องมีคนงานตัดอ้อยและคนงานขึ้นอ้อยในรถบรรทุก คนงานตัดอ้อยจะทำการตัดอ้อยแล้วกองไว้ในไร่หรืออาจจะทำการมัดอ้อยมัดละประมาณ 10 ลำแล้ววางเรียงในไร่ โดยทั่วไปแล้ว คนงาน 1 คนจะตัดอ้อยได้วันละ 1-1.5 ตัน หรือประมาณ 100-150 มัด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและความยาวของอ้อย ความยากง่ายในการตัดอ้อย โดยที่ถ้าเป็นอ้อยไฟไหม้จะสามารถตัดได้ง่ายและรวดเร็วกว่าตัดอ้อยสดเพราะใบอ้อยถูกไฟไหม้ไปแล้วทำให้ไม่ต้องมาริดใบอีก เป็นผลให้ค่าจ้างแรงงานตัดอ้อยสดต้องสูงกว่าค่าจ้างแรงงานตัดอ้อยไฟไหม้ โดยค่าจ้างตัดอ้อยสดประมาณมัดละ 0.7 บาท อ้อยไฟไหม้ประมาณมัดละ 0.6 บาท ถ้าตัดแบบกองไว้ในไร่จะคิดในอัตราที่เรียกว่าวัดวา โดยอัตราค่าจ้างจะอยู่ที่ประมาณ 0.6 บาทต่อวาต่อร่อง ช่วงเวลาในการตัดจะเริ่มตั้งแต่เวลา 6 นาฬิกา จนถึงเวลาประมาณ 17 นาฬิกา แล้วแต่ปริมาณอ้อยที่ต้องการตัดในแต่ละวัน และการจัดการของชาวไร่แต่ละราย หลังจากอ้อยถูกตัดแล้วเมื่อรถบรรทุกมาถึงทีมคนงานขึ้นอ้อยจะนำอ้อยที่ตัดแล้วขึ้นรถบรรทุก โดยทีมงานหนึ่งมีคนงาน 6-8 คน โดยอัตราค่าจ้างจะอยู่ประมาณ 30-40 บาทต่อตันต่อทีม ใช้เวลาในการขนประมาณ 4-6 ชั่วโมงต่อรถบรรทุกสิบล้อหนึ่งคัน ช่วงเวลาในการขึ้นอ้อยขึ้นอยู่กับชาวไร่อ้อยแต่ละรายว่าต้องการอย่างไร โดยส่วนมากจะขึ้นอ้อยตลอดทั้งวันทั้งคืน คือ ถ้ารถบรรทุกที่บรรทุกอ้อยไปส่งที่โรงงานน้ำตาลกลับมาที่ไร่เมื่อไรก็จะทำการขึ้นอ้อยที่ค้างอยู่ในไร่ต่อทันที

2. ใช้แรงงานคนตัดและใช้รถคีบอ้อยใส่ในรถบรรทุก วิธีนี้จะจ้างคนตัดอ้อยโดยอาจตัดกองไว้ในไร่หรือการตัดแล้วมัด แล้วใช้รถคีบอ้อยคีบอ้อยขึ้นรถบรรทุกโดยทีมงานรถคีบอ้อยจะมีอยู่ 4 คน คนหนึ่งเป็นคนปักหลัก คือ เป็นคนจัดไม้เรียงบนรถบรรทุกและทำหน้าที่สับอ้อยให้แน่นเพื่อให้บรรทุกอ้อยได้มากที่สุด คนหนึ่งเป็นคนขับรถคีบ อีกสองคนค่อยเก็บอ้อยที่ร่วงจากรถคีบไปกองรวมไว้ใหม่ให้รถคีบอ้อยคีบใหม่ อัตราค่าจ้างของคนขับรถคีบอ้อยประมาณ 5 บาทต่อตันหรืออาจจะคิดค่าจ้างเป็นรายเดือน ส่วนอีก 3 คนที่เหลือจะได้รับค่าจ้างประมาณ 4 บาทต่อตันต่อทีม เวลาในการขึ้นอ้อยหนึ่งคันรถบรรทุกสิบล้อจะใช้เวลาประมาณหนึ่งชั่วโมงครึ่ง แต่การเก็บเกี่ยวแบบนี้ทำให้มีหิน ดิน ทราย ติดไปกับอ้อยด้วยทำให้โรงงานต้องทำงานหนักและเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้น

3. ใช้รถตัดอ้อยเป็นท่อนโดยขนถ่ายลงรถบรรทุกทันที วิธีการนี้จะใช้รถตัดอ้อยแทนแรงงานคนตัด โดยสามารถตัดอ้อยสดได้เป็นท่อนขนาดยาวประมาณ 20-25 เซนติเมตร มีระบบพัดลมที่ทำความสะอาดเป่าเศษใบหรือกาบใบพ่นลงบนแปลงอ้อยและขนถ่ายอ้อยลงสู่รถบรรทุกได้ในเวลาเดียวกัน รถตัดอ้อยสามารถตัดอ้อยได้ 200-300 ตันต่อวัน (ทำงาน 10 ชั่วโมงต่อวัน) ปัจจุบันมีการนำเข้ามาใช้ในประเทศไทยประมาณ 200 คันแล้ว ด้วยวิธีการนี้ชาวไร่อ้อยจะไม่มีปัญหาในเรื่องของแรงงานคน เพราะรถตัดอ้อยสามารถตัดอ้อยและขนถ่ายอ้อยขึ้นรถบรรทุกได้ในเวลาเดียวกัน แต่มีข้อเสียที่อ้อยเมื่อโดนตัดเป็นท่อนแล้วจะทำให้เสื่อมคุณภาพเร็วกว่าอ้อยตัดสดทั่วไป ดังนั้นรถบรรทุกอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยจึงได้รับสิทธิพิเศษในการที่ไม่ต้องต่อคิวนานที่ลานรถบรรทุก เจ้าหน้าที่ที่โรงงานจะเรียกรถบรรทุกอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยเข้าไปแทรกคิวเป็นระยะ

ปัญหาที่พบในการตัดอ้อย คือ ปัญหาแรงงานตัดอ้อยเนื่องจากการตัดอ้อยต้องตัดในสภาพอากาศที่ร้อนมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ทำให้แรงงานตัดอ้อยหาได้ยาก แม้ในบางครั้งที่คนงานรับเงินค่าจ้างล่วงหน้าไปแล้วก็ยังหลบหนีกลับบ้านไปเพราะทนงานหนักไม่ไหว จึงมีนักวิชาการเกษตรสนับสนุนให้ใช้รถตัดอ้อยให้มากขึ้นเพื่อแก้ปัญหาแรงงานตัดอ้อย แต่ข้อจำกัดของการใช้รถตัดอ้อยในประเทศไทยก็คือ จำนวนของชาวไร่อ้อยมีมากรายและแต่ละรายมีขนาดและลักษณะพื้นที่ที่แตกต่างกันไป ซึ่งการที่จะใช้รถตัดอ้อยให้คุ้มค่านั้นต้องตัดอ้อยให้ได้ในปริมาณมาก และลักษณะของแปลงไร่อ้อยต้องมีความยาวพอสมควร รวมถึงต้องปรับพื้นที่ให้เรียบด้วย ดังนั้นการที่ชาวไร่อ้อยรายเล็กจะเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดเพียงลำพังจึงไม่เหมาะสม

3.3 การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล

การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลเป็นกิจกรรมโลจิสติกส์ในส่วนของการจัดการนำวัตถุดิบจากแหล่งผลิตเข้าสู่โรงงาน ชาวไร่อ้อยมีหน้าที่ขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล ในกลุ่มของชาวไร่

รายใหญ่มักจะมีรถบรรทุกเป็นของตนเองก็จะใช้รถของตนเองขนอ้อย ในส่วนของชาวไร่ที่ทำหน้าที่เป็นคนกลางหรือหัวหน้าโควตาก็มักจะมีรถบรรทุกเป็นของตนเองเช่นกัน จะใช้รถบรรทุกของตนเองขนอ้อยทั้งของตนเองและลูกไร่ในสังกัด ถ้าไม่มีรถบรรทุกเป็นของตนเองก็ต้องจัดหารถรับจ้างทำการขนส่งอ้อย ในส่วนของชาวไร่รายเล็กที่ไม่ได้เปิดสัญญากับทางโรงงานเองก็ต้องใช้บริการรถบรรทุกของหัวหน้าโควตา ซึ่งจะถูกคิดค่าบริการตามระยะทางระหว่างแปลงไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาล

การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลในประเทศไทย โดยทั่วไปจะใช้พาหนะดังต่อไปนี้

1. รถบรรทุกสิบล้อบรรทุกอ้อยได้ประมาณ 20 ตันขึ้นไป ใช้มากถึงร้อยละ 90
2. รถบรรทุกหกล้อบรรทุกได้ 6-10 ตัน
3. รถพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์บรรทุกได้ 5-6 ตัน
4. รถอีแต๋นบรรทุกได้ 1-4 ตัน

ลักษณะของเส้นทางที่รถบรรทุกอ้อยต้องวิ่งผ่าน แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ ทางในไร่และทางหลวง รถบรรทุกจะวิ่งได้ไม่เร็วนักเมื่อวิ่งบนทางในไร่โดยมีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ส่วนทางหลวงจะเป็นเส้นทางที่พ้นจากทางในไร่ออกมาแล้วและมุ่งตรงไปสู่โรงงานน้ำตาลโดยมีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในขณะที่วิ่งรถเปล่ากลับไปยังไร่มีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 60-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยเฉลี่ยแล้ววิ่งบนทางหลวงมีความเร็ว 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เมื่อรถบรรทุกอ้อยมาถึงโรงงานน้ำตาลแล้ว รถบรรทุกจำเป็นต้องรอคิวเนื่องจากในแต่ละฤดูกาลผลิตน้ำตาล โรงงานสามารถรับอ้อยเข้าหีบในแต่ละวันได้ตามความสามารถของกำลังการผลิตอ้อยเท่านั้น (24 ชั่วโมงทำงาน) คิวส่งมอบอ้อยแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ

1. ระบบคิวเสรีหรือคิวเข้า เป็นระบบเรียงคิวเวียนกันไปเรื่อย ๆ ใครมาก่อนก็เข้าได้ก่อน ใครมาทีหลังก็ต่อท้ายกันไปเรื่อย ๆ ซึ่งเป็นวิธีที่โรงงานใช้เป็นส่วนมาก

2. ระบบคิวล็อกหรือคิวออก เป็นระบบคิวที่ให้ชาวไร่ทุกรายตัดอ้อยเริ่มต้นและสิ้นสุดพร้อมกัน ไม่ว่าชาวไร่อ้อยแต่ละรายจะมีอ้อยมากหรือน้อยเพียงใดก็ตามก็ต้องตัดอ้อยเสร็จสิ้นพร้อมกัน ดังนั้นชาวไร่อ้อยแต่ละรายจะมีเลขคิวที่ชัดเจน โดยทางโรงงานจะเป็นผู้จัดคิวให้ชาวไร่อ้อยคู่สัญญานำอ้อยเข้ามาส่งที่โรงงานกระจายไปตลอดช่วงการหีบอ้อย นั่นเป็นเสมือนว่าโรงงานน้ำตาลจะกำหนดเวลาการเก็บเกี่ยวให้แก่ชาวไร่อ้อยคู่สัญญาทุกคน ซึ่งต้องมีใบเลขที่คิวที่กำหนดเวลาเท่านั้นจึงจะสามารถนำอ้อยมาส่งมอบให้กับทางโรงงานน้ำตาลตามเวลาที่กำหนดให้

เมื่อเจ้าหน้าที่เรียกหมายเลขคิวที่เป็นหมายเลขของรถบรรทุกคันใด รถบรรทุกนั้นก็จะเตรียมตัวเพื่อเข้าชั่งน้ำหนักรถหนักซึ่งเป็นน้ำหนักรวมของอ้อยกับรถบรรทุก จากนั้นก็จะไปรอคิว

เพื่อวิ่งเข้าไปที่ช่องเทอ้อยเพื่อเทอ้อยลงสู่สายพาน โดยที่ช่องเทอ้อยจะยกขึ้นข้างหนึ่งเพื่อยกหน้ารถให้สูงขึ้นทำให้ท้ายรถเทเอียงลงสู่สายพาน ซึ่งอ้อยจะถูกเทลงสู่สายพานโดยทางโรงงานน้ำตาลได้ติดตั้งตะกาวเพื่อช่วยในการโกยอ้อยลงจากรถบรรทุก เมื่อเทอ้อยลงสายพานหมดแล้ว รถบรรทุกจะวิ่งออกมาจอดที่ข้างทางเพื่อที่คนขับจะได้เอาอ้อยที่ยังติดค้างอยู่บนรถออกจากรถให้หมด จากนั้นรถบรรทุกจะวิ่งมาที่เครื่องชั่งน้ำหนักเพื่อชั่งน้ำหนักรถเบาซึ่งเป็นน้ำหนักของรถเปล่าเพื่อจะมาคำนวณหาน้ำหนักอ้อยที่รถบรรทุกขนมาในเที่ยวนั้น จากนั้นรถบรรทุกจะวิ่งกลับไปยังไร่เพื่อขนอ้อยในเที่ยวต่อไป

การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลเป็นหน้าที่ของชาวไร่ที่จะต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายเอง แต่ในปัจจุบัน โรงงานน้ำตาลที่จังหวัดขอนแก่นได้สร้างสถานีขนถ่าย (Loading Station) ขึ้น ซึ่งอยู่ห่างจากโรงงานน้ำตาลไม่เกิน 100 กิโลเมตรเพื่อให้ชาวไร่ได้ขนอ้อยลงที่สถานีขนถ่ายได้เลยแทนที่จะต้องไปส่งถึงโรงงานน้ำตาล ทำให้ชาวไร่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการขนส่งได้เพราะไม่ต้องเสียเวลารอคิวเทอ้อยลงจากรถที่โรงงานน้ำตาล โดยทางโรงงานน้ำตาลจะรับผิดชอบในการขนส่งอ้อยจากสถานีขนถ่ายไปยังโรงงานน้ำตาลเอง ค่าใช้จ่ายที่ชาวไร่จะต้องเสียให้กับโรงงานน้ำตาลคิดเป็นจำนวนเงิน 85 บาทต่อตันอ้อย กลยุทธ์นี้เป็นประโยชน์อย่างมากแก่ชาวไร่รายเล็กที่ไม่มีรถเป็นของตนเองเพราะสามารถใช้รถที่ใช้ในการปลูกอ้อย เช่น รถแทรกเตอร์ดัดแปลงนำมาใช้ขนส่งอ้อยแทนการเช่ารถบรรทุก และการที่ไม่ต้องเช่ารถบรรทุกทำให้ไม่ต้องจ้างแรงงานมาทำการเก็บเกี่ยวอ้อยเพื่อให้ได้อ้อยในปริมาณที่มากเพียงพอที่จะคุ้มกับการเช่ารถบรรทุก โดยสามารถใช้แรงงานภายในครอบครัวตัวเองได้ (Paitoon Chetthamrongchai et al, 2001)

ต้นทุนการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาลเป็นต้นทุนที่สูงมาก ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บเกี่ยวและการขนส่งอ้อยจึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพ และพัฒนาระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศไทยที่จำเป็นที่จะต้องทำอย่างเร่งด่วนเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในระดับโลก

3.4 ความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย

ความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยเป็นความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับฝ่ายต่าง ๆ ในระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายไม่ว่าจะเป็นฝ่ายชาวไร่อ้อย โรงงานน้ำตาล และโดยรวมทั้งอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย โดยความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับฝ่ายต่าง ๆ มีดังนี้

1. ความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับฝ่ายชาวไร่ ได้แก่ ความสูญเสียจากการใช้ประโยชน์จากรถบรรทุก เครื่องมือและแรงงานในกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลได้อย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ กล่าวคือ รถบรรทุกที่เข้ามาส่งอ้อยให้กับโรงงานต้อง

จอดรอคิวหน้าโรงงานเป็นเวลานาน 4-5 ชั่วโมง ทำให้สูญเสียโอกาสนำรถบรรทุกของตนวิ่งกลับไปรับอ้อยขึ้นมาส่งใหม่ได้ รวมถึงเครื่องมือและแรงงานคนต่างๆ ที่ต้องหยุดทำงานเพราะต้องรอรถบรรทุกที่ติดคิวหน้าโรงงานด้วย

2. ความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับฝ่ายโรงงานน้ำตาล ได้แก่ ความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตที่ทำได้ยากมากยิ่งขึ้น กล่าวคือ น้ำตาลซูโครสจะเปลี่ยนไปเป็นเด็กซ์แทรน (Dextran) ตามระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยว การที่เกิดเด็กซ์แทรนมากทำให้การควบคุมการผลิตน้ำตาลทำได้ยาก เนื่องจากความยุ่งยากในการทำใส การกรอง การตกผลึก เพราะความหนืดของเด็กซ์แทรน (สามชัย ไชยทิพย์อาสน์, 2508) นอกจากนี้ การที่น้ำตาลซูโครสเปลี่ยนไปเป็นเด็กซ์แทรนยังทำให้เกิดกรดทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำอ้อยต่ำลง ทางโรงงานจึงต้องเพิ่มปริมาณน้ำปูนขาวที่ต้องใช้ลงไปในขั้นตอนของการทำใส ซึ่งต้องทำให้ค่า pH ของน้ำอ้อยอยู่ที่ 7.4-7.6 ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายของปริมาณน้ำปูนขาวด้วย

3. ความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับทั้งฝ่ายชาวไร่และฝ่ายโรงงาน ได้แก่ ความสูญเสียที่เกิดจากผลผลิตน้ำตาล (Yield) ที่ได้ลดลง กล่าวคือ น้ำตาลผลิตมาจากซูโครสที่อยู่ในลำต้นของอ้อย การที่ความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยเพิ่มมากขึ้นเท่าใด น้ำตาลก็จะยิ่งถูกทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสซึ่งเกิดเนื่องจากโดยสารจำพวกกรดหรือโดยเอนไซม์ที่ถูกผลิตจากจุลินทรีย์ ซูโครสก็จะเกิดปฏิกิริยาแปรสภาพไปในรูปของน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโทสเรียกว่าน้ำตาลอินเวิท (Invert Sugar) ทำให้ผลผลิตน้ำตาลที่ได้ลดลงตามปริมาณน้ำตาลซูโครสที่ลดลง ซึ่งจากระบบแบ่งปันผลประโยชน์ระหว่างชาวไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาล (Sharing System 70 : 30) ในปัจจุบัน การที่ผลผลิตน้ำตาลลดลงทำให้รายรับที่ได้จากการขายน้ำตาลลดลง ส่งผลให้รายได้ที่หักการหักภาษีและค่าใช้จ่ายอื่นๆ แล้วลดลง ทำให้รายได้ที่ทั้ง 2 ฝ่ายจะได้รับลดลงไปด้วย

รายละเอียดของความสูญเสียต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับทุกฝ่าย มีดังนี้

- ความสูญเสียจากการใช้ประโยชน์จากรถบรรทุก เครื่องมือและแรงงานในกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลได้อย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ

ความสูญเสียจากการใช้ประโยชน์จากรถบรรทุก เครื่องมือและแรงงานในกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลได้อย่างไม่เต็มประสิทธิภาพเกิดขึ้นจากการที่รถบรรทุกต้องเสียเวลาติดคิวที่โรงงานน้ำตาลทำให้ไม่สามารถนำรถกลับมาใช้ได้อย่างคุ้มค่า รวมไปถึงเครื่องมือและแรงงานคนที่รออยู่ที่ไร่เพราะจะทำงานต่อได้ก็ต่อเมื่อรถบรรทุกที่บรรทุกอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลกลับมาจากโรงงานแล้ว ดังนั้นความสูญเสียจากการใช้ประโยชน์จากรถบรรทุก เครื่องมือ

และแรงงานในกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลได้อย่างไม่เต็มประสิทธิภาพก็คือ การใช้งานรถบรรทุก เครื่องมือ และแรงงานได้อย่างไม่คุ้มกับต้นทุนที่เสียไปนั้นเอง ในที่นี้แบ่งต้นทุนในกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลออกเป็น 2 ส่วน คือ ต้นทุนการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล และต้นทุนการเก็บเกี่ยวและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุก ดังนี้

1. ต้นทุนการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล ประกอบไปด้วยต้นทุนดังต่อไปนี้

1.1 ต้นทุนคงที่ เป็นต้นทุนการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ไม่ว่าจะมีการขนส่งอ้อยหรือไม่ก็ตาม อีกทั้งยังไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการขนส่งด้วย ต้นทุนส่วนนี้ประกอบไปด้วย

1.1.1 ต้นทุนในการซื้อยานพาหนะในการขนส่ง ซึ่งยานพาหนะส่วนใหญ่ที่ชาวไร่อ้อยใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล ก็คือ รถบรรทุกสิบล้อและรถบรรทุกหกล้อ ต้นทุนส่วนนี้สามารถคำนวณได้จากมูลค่าของรถบรรทุกในแต่ละปี ซึ่งจะรวมค่าเสื่อมราคาและดอกเบี้ยเข้าไปด้วย ค่าเสื่อมราคา คือ ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับตัวรถบรรทุกซึ่งเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการใช้งาน โดยจะคิดเฉลี่ยตามอายุการใช้งานของรถ

1.1.2 ค่าป้ายทะเบียนและค่าภาษีรถบรรทุก ค่าป้ายทะเบียนรถบรรทุกจะชำระเพียงครั้งเดียวตอนที่ออกรถใหม่ ส่วนค่าภาษีจะต้องชำระทุกปีตามอัตราที่ทางกรมการขนส่งทางบกกำหนดไว้

1.1.3 ค่าเบี้ยประกัน โดยมากแล้วรถบรรทุกอ้อยจะทำประกันภัยเฉพาะในช่วงฤดูการหีบอ้อยเท่านั้น เพราะนอกฤดูหีบ ชาวไร่อ้อยจะจอดรถบรรทุกทิ้งไว้และทำการซ่อมบำรุงรถบรรทุกจะไม่นำรถบรรทุกไปใช้งานอย่างอื่น การประกันภัยก็เป็นการประกันภัยเฉพาะความเสียหายที่เกิดกับรถบรรทุก ไม่รวมถึงความเสียหายที่เกิดกับอ้อยที่ขนไปด้วย

1.1.4 ค่าโสหุ้ย เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการดำเนินกิจการในทางพาณิชย์ เช่น ค่าใช้จ่ายของโรงเก็บรถบรรทุก ค่าบริหารงาน เป็นต้น

1.2 ต้นทุนคงที่กึ่งแปรผัน เป็นต้นทุนที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการขนส่งเช่นเดียวกับต้นทุนคงที่ แต่ต่างจากต้นทุนคงที่ตรงที่ถ้าไม่มีการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล ต้นทุนในส่วนนี้ก็จะไม่มี ต้นทุนส่วนนี้ประกอบไปด้วย

1.2.1 ค่าจ้างพนักงานขับรถบรรทุกและผู้ช่วย ประกอบไปด้วย เงินเดือน เบี้ยเลี้ยงและโบนัส

1.2.2 ค่าที่พัก อาหารของพนักงานขับรถบรรทุกและผู้ช่วย ประกอบไปด้วย ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า ค่าอาหาร สวัสดิการต่าง ๆ

1.3 ต้นทุนแปรผัน เป็นต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปตามการขนส่งที่เกิดขึ้น โดยที่เมื่อมีการขนส่งมากขึ้นต้นทุนในส่วนนี้ก็จะสูงขึ้น แต่ถ้าการขนส่งลดลงต้นทุนในส่วนนี้ก็จะลดลงตามไปด้วย และหากไม่มีการขนก็จะไม่มีต้นทุนในส่วนนี้ ปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนแปรผันมีอยู่หลายปัจจัย เช่น น้ำหนักบรรทุก ความเร็วเฉลี่ย สภาพของถนน ระยะทางในการขนส่ง เป็นต้น ต้นทุนส่วนนี้ประกอบไปด้วย

1.3.1 ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นค่าใช้จ่ายที่คำนวณได้จากผลคูณของอัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงกับราคาน้ำมันเชื้อเพลิงในขณะนั้น ซึ่งจะแปรผันไปตาม ประเภทของรถบรรทุก อัตราความเร็ว สภาพของถนน แต่ปัจจัยหลัก คือ ระยะทางในการขนส่ง

1.3.2 ค่าน้ำมันหล่อลื่น เป็นค่าใช้จ่ายที่คำนวณได้จากผลคูณของอัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่นกับราคาน้ำมันหล่อลื่นในขณะนั้น โดยทั่วไปชาวไร่อ้อยจะเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องเมื่อรถบรรทุกวิ่งได้ระยะทางที่กำหนดไว้ว่าต้องเปลี่ยนแล้ว

1.3.3 ค่าซ่อมบำรุงรักษารถบรรทุก เป็นค่าใช้จ่ายที่รวมค่าอะไหล่ และค่าแรงงาน โดยที่ค่าซ่อมบำรุงจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

- ค่าซ่อมบำรุงรักษารถบรรทุกตามปกติ เกิดจากการซ่อมและเปลี่ยนชิ้นส่วนตามระยะเวลา เช่น การเปลี่ยนคลัชท์ การเปลี่ยนเบรค เป็นต้น

- ค่าซ่อมบำรุงรักษาพิเศษ เป็นการซ่อมใหญ่ เช่น การยกเครื่อง

1.3.4 ค่าการสึกหรอของยางรถบรรทุก คือ ค่าของยางรถบรรทุกที่ลดลงตามอายุการใช้งานที่ลดลง อายุการใช้งานของยางรถบรรทุกขึ้นอยู่กับสภาพของถนน ความเร็วที่ใช้ และน้ำหนักบรรทุก เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ต้นทุนการเก็บเกี่ยวและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุก ต้นทุนในส่วนนี้จะมีมูลค่าแตกต่างกันไปตามวิธีการเก็บเกี่ยวและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกของชาวไร่อ้อยในแต่ละราย ดังที่กล่าวไว้แล้วในหัวข้อการเก็บเกี่ยวและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุก ค่าใช้จ่ายบางอย่างอาจจะไม่เกิดขึ้นกับชาวไร่บางราย เช่น ชาวไร่ที่เก็บเกี่ยวอ้อยและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกโดยใช้แรงงานคนก็จะไม่มีค่าใช้จ่ายในส่วนของรถตัดอ้อยและรถคีบอ้อย เป็นต้น ต้นทุนในส่วนนี้ประกอบไปด้วยต้นทุนดังต่อไปนี้

2.1 ต้นทุนคงที่ เป็นต้นทุนในการเก็บเกี่ยวและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ไม่ว่าจะมีเก็บเกี่ยวและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกหรือไม่ก็ตาม อีกทั้งยังไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการเก็บเกี่ยวและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกด้วย ต้นทุนส่วนนี้ประกอบไปด้วย

2.1.1 ต้นทุนในการซื้อเครื่องมือในการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยขึ้นรถบรรทุก ได้แก่ รถคีบอ้อยและรถตัดอ้อย ต้นทุนส่วนนี้มีวิธีการคำนวณเหมือนกับต้นทุนในการซื้อยานพาหนะในการขนส่ง

2.1.2 ต้นทุนค่าที่พักอาศัยของคนงาน ได้แก่ ค่าก่อสร้างที่พักของคนงานที่อยู่อาศัยในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยวอ้อย รวมถึงค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมที่พักอาศัย

2.1.3 ค่าโสหุ้ย เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการดำเนินกิจการในทางพาณิชย์ เช่น ค่าใช้จ่ายของโรงเก็บรถคีบอ้อยและรถตัดอ้อย ค่าบริหารงาน เป็นต้น

2.2 ต้นทุนคงที่กึ่งแปรผัน เป็นต้นทุนที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการเก็บเกี่ยวและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกเช่นเดียวกับต้นทุนคงที่แต่ต่างจากต้นทุนคงที่ตรงที่ถ้าไม่มีการเก็บเกี่ยวและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุก ต้นทุนในส่วนนี้ก็จะไม่มี ต้นทุนส่วนนี้ประกอบไปด้วย

2.2.1 ค่าจ้างพนักงานขับรถคีบและรถตัด ประกอบไปด้วย เงินเดือน เบี้ยเลี้ยงและโบนัส ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้อาจจะอยู่ในส่วนของต้นทุนแปรผันหากอัตราค่าจ้างถูกคิดอยู่ในรูปของน้ำหนักอ้อย (บาทต่อตันอ้อย)

2.2.2 ค่าใช้จ่ายเพื่อการดำรงชีพของพนักงานขับรถคีบและรถตัด ประกอบไปด้วย ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า ค่าอาหาร สวัสดิการต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับพนักงานขับรถคีบและรถตัด

2.2.3 ค่าใช้จ่ายเพื่อการดำรงชีพของแรงงานตัดอ้อย ประกอบไปด้วย ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า ค่าอาหาร สวัสดิการต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับแรงงานตัดอ้อย

2.2.4 ค่าใช้จ่ายเพื่อการดำรงชีพของแรงงานขึ้นอ้อย ประกอบไปด้วย ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า ค่าอาหาร สวัสดิการต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับแรงงานขึ้นอ้อย

2.3 ต้นทุนแปรผัน เป็นต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการเก็บเกี่ยวและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกที่เกิดขึ้น โดยที่เมื่อมีการเก็บเกี่ยวและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกมากขึ้นต้นทุนในส่วนนี้ก็จะสูงขึ้น แต่ถ้าการเก็บเกี่ยวและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกลดลงต้นทุนในส่วนนี้ก็จะลดลงตามไปด้วยและหากไม่มีการเก็บเกี่ยวและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกก็จะไม่มีต้นทุนในส่วนนี้ ต้นทุนส่วนนี้ประกอบไปด้วย

2.3.1 ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นค่าใช้จ่ายที่คำนวณได้จากผลคูณของอัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถตัดอ้อยและรถคีบอ้อยกับราคาน้ำมันเชื้อเพลิงในขณะนั้น ซึ่งจะแปรผันไปตามประเภทของรถ

2.3.2 ค่าซ่อมบำรุงรักษารถคีบอ้อยและรถตัดอ้อย เป็นค่าใช้จ่ายที่รวมค่าอะไหล่ และ ค่าแรงงาน โดยที่ค่าซ่อมบำรุงจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

- ค่าซ่อมบำรุงรักษาตามปกติ เกิดจากการซ่อมและเปลี่ยนชิ้นส่วนตามระยะเวลา
- ค่าซ่อมบำรุงรักษาพิเศษ เป็นการซ่อมใหญ่ เช่น การยกเครื่อง

2.3.3 ค่าการสึกหรอของยางรถคีบอ้อยและรถตัดอ้อย คือ ค่าของยางรถคีบอ้อยและรถตัดอ้อยที่ลดลงตามอายุการใช้งานที่ลดลง อายุการใช้งานของยางรถคีบอ้อยและรถตัดอ้อยขึ้นอยู่กับสภาพของพื้นที่

2.3.4 ค่าจ้างแรงงานตัดอ้อย ซึ่งอาจจะว่าจ้างตัดเป็นมัด มัดละ 10 ลำหรือจ้างแบบตัดวัดวา (คิดอัตราค่าจ้างเป็นวา)

2.3.5 ค่าจ้างแรงงานขึ้นอ้อย ซึ่งอัตราค่าจ้างจะเป็นบาทต่อตัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความสูญเสียจากการไม่สามารถใช้ประโยชน์จากรถบรรทุก เครื่องมือและแรงงานในกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลได้อย่างเต็มประสิทธิภาพในส่วนของต้นทุนคงที่กึ่งแปรผันสามารถลดลงได้ ถ้าหากทางฝ่ายชาวไร่อ้อยและโรงงานน้ำตาลร่วมมือกันในการพัฒนาประสิทธิภาพของการเก็บเกี่ยว การจัดส่งและขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล ซึ่งมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้นี้จะทำให้ต้นทุนในกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลลดลง ส่งผลให้ต้นทุนโดยรวมในการปลูกอ้อยของชาวไร่อ้อยลดลงไปด้วย ในขณะเดียวกันชาวไร่รายเล็กที่ต้องใช้บริการรถบรรทุก ก็จะได้รับผลดีจากมูลค่าความสูญเสียที่ลดลง ถึงแม้ว่าอาจจะไม่มีการลดอัตราค่าจ้างรถบรรทุกเพื่อขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลในทันที แต่ทำให้สามารถคงราคาอัตราค่าจ้างรถบรรทุกเพื่อขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลไปได้อีกนาน นอกจากการลดความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยนี้ ยังทำให้ชาวไร่อ้อยได้รับประโยชน์เพิ่มมากขึ้นในส่วนของการใช้ประโยชน์จากรถบรรทุก เครื่องมือและแรงงานในกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

- ความสูญเสียเนื่องจากปริมาณเด็กซ์แทรนที่เพิ่มขึ้น

ปริมาณเด็กซ์แทรนในอ้อยที่เก็บเกี่ยวแล้วจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว และยังขึ้นอยู่กับสภาพของอ้อย (ตัดสดหรือเผา) วิธีการเก็บเกี่ยว (คนตัดหรือรถตัด) ในส่วนของอ้อยไฟไหม้และอ้อยรถตัดจะมีปริมาณเด็กซ์แทรนสูงกว่าอ้อยตัดสด ความสูญเสียเนื่องจากปริมาณเด็กซ์แทรนจะเป็นความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับฝ่ายโรงงานน้ำตาลเป็นหลัก คือ การควบคุมการผลิตน้ำตาลทำได้ยากเนื่องจากความยุ่งยากในการทำใส การกรอง และการตกผลึก เพราะความหนืดของเด็กซ์แทรน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเด็กซ์แทรนกับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวมีดังต่อไปนี้

1. Kolekar และ Keskar (1998) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างเก็บในร่มกับเก็บกลางแจ้ง (ซึ่งเป็นวิธีการเก็บที่ประเทศไทยใช้) ซึ่งพฤติกรรมหนึ่งที่พวกเขาศึกษา คือ ปริมาณเด็กซ์แทรนที่เพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวของอ้อยพันธุ์ Co-740 และ Co-7219 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่ประเทศอินเดีย ผลการศึกษาเป็นดังตารางที่ 3.3

ในส่วนของอ้อยพันธุ์ Co-7219 คณะผู้วิจัยไม่ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเด็กซ์แทรนกับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวตามสภาพการเก็บแบบในร่มกับแบบกลางแจ้งของอ้อยพันธุ์ Co-7219 แต่ได้กล่าวไว้ว่า จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณเด็กซ์แทรนของอ้อยทั้งสองพันธุ์ไม่เหมือนกัน โดยที่อ้อยพันธุ์ Co-740 จะมีปริมาณการเพิ่มขึ้นของเด็กซ์แทรนน้อยกว่าพันธุ์ Co-7219

ตารางที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเด็กซ์แทรนกับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวตามสภาพการเก็บแบบในร่มกับแบบกลางแจ้งของอ้อยพันธุ์ Co-740

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	ปริมาณเด็กซ์แทรนที่เกิดขึ้น (ppm)	
	เก็บในร่ม	เก็บกลางแจ้ง
0	81	81
1	95	115
2	108	135
3	142	177
4	146	182
5	148	196
6	150	224
7	154	236
8	156	249
9	157	251
10	159	269

ที่มา : Kolekar and Keskar (1998)

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปริมาณของเด็กซ์แทรนจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาหลังจากการเก็บเกี่ยวไม่ว่าจะเก็บอ้อยในสภาพแบบใด

2. Chen และ Chou (1993) ได้อ้างถึงผลการศึกษาของ Foster (1977) ว่าได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณเด็กซ์แทรนที่เกิดขึ้นตามระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว โดยไม่ได้ระบุถึงพันธุ์อ้อยที่ใช้ในการศึกษา มีผลการศึกษาดังตารางที่ 3.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเด็กซ์แทรนกับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวจากการศึกษาของ Foster

ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว (ชั่วโมง)	ปริมาณเด็กซ์แทรน (ppm on Brix)			
	อ้อยตัดสดท่อนยาว	อ้อยตัดสดท่อนสั้น	อ้อยไฟไหม้ท่อนยาว	อ้อยไฟไหม้ท่อนสั้น
0	-	-	-	-
12	133	376	31	298
24	157	573	313	706
48	80	471	2078	3,318

ที่มา : Chen and Chou (1993)

หมายเหตุ : 1. ประมาณค่ามาจากกราฟ

2. ปริมาณเด็กซ์แทรนของอ้อยตัดสดท่อนยาวและอ้อยตัดสดท่อนสั้นไม่ได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในชั่วโมงที่ 48 ผู้วิจัยจึงได้ลากเส้นประมาณค่าปริมาณเด็กซ์แทรนให้โดยมีค่าเท่ากับ 80 และ 471 ppm on Brix ตามลำดับ

3. Chen และ Chou (1993) ได้อ้างถึงผลการศึกษาของ Legendre (1985) ว่าอ้อยที่ถูกทำลาย (จากการเผาและใช้รถตัด) มีปริมาณเด็กซ์แทรนเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวมากกว่าอ้อยที่สภาพดี ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเด็กซ์แทรนกับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวจากการศึกษาของ Legendre

ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว (วัน)	ปริมาณเด็กซ์แทรน (ppm on Brix)	
	อ้อยสภาพดี	อ้อยที่ถูกทำลาย
0	-	-
3	1,573	3,802
7	2,607	4,094
10	2,361	8,511

ที่มา : Chen and Chou (1993)

- ความสูญเสียเนื่องจากปริมาณน้ำปูนขาวที่ต้องใช้ในการปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำอ้อยเพื่อช่วยในการตกตะกอน

น้ำตาลซูโครสจะเปลี่ยนไปเป็นเด็กซ์แทรนเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว จากปฏิกิริยานี้จะทำให้เกิดกรดส่งผลให้ค่า pH ของน้ำอ้อยลดลง ค่า pH มีผลต่อปริมาณน้ำปูนขาวที่ต้องใช้ในถังผสมปูนขาว (Neutralized Tank) เพื่อปรับค่า pH ของน้ำอ้อยให้เป็นกลางค่อนไปทางเบส (pH = 7.4 – 7.6) เพื่อเพิ่มความเร็วในการตกตะกอน ซึ่งปูนขาวนี้จะมาในรูปโคลน (Milk of Lime) โดยมีความเข้มข้นประมาณ 10 – 12 Bé ที่เตรียมมาจากโรงปูนขาว ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวที่ทำให้ค่า pH ต่ำลงจึงมีผลต่อปริมาณน้ำปูนขาวที่ต้องใช้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวมีดังต่อไปนี้

1. Das และ Prabhu (1988) ได้ทำการศึกษาผลของไฮโดรไลติกเอนไซม์ (Hydrolytic Enzymes of Sugar Cane) ของอ้อยพันธุ์ CoS 767 ซึ่งพฤติกรรมหนึ่งที่คณะผู้วิจัยศึกษา คือ ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว ผลการศึกษาเป็นดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวของอ้อยพันธุ์ CoS 767

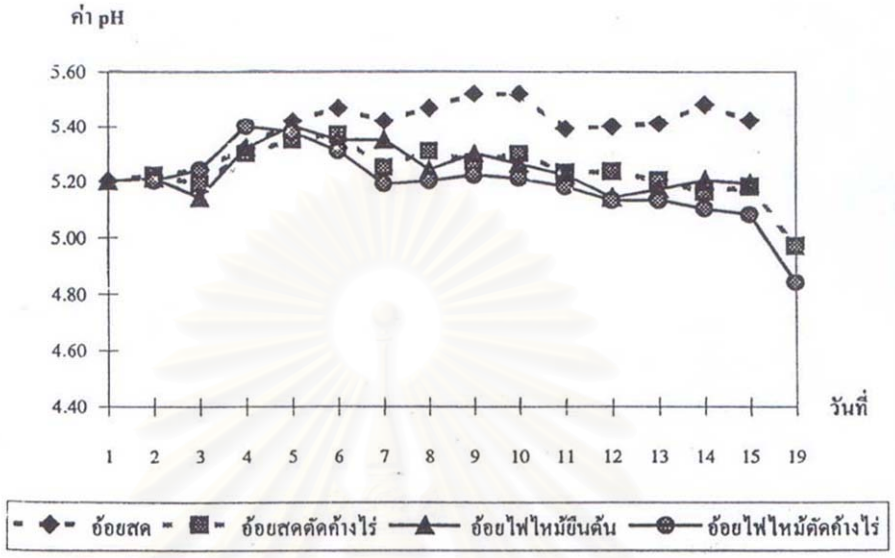
ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว (ชั่วโมง)	ค่า pH
0	5.4
24	5.0
48	4.9
72	4.8
96	4.8
120	4.4

ที่มา : Das and Prabhu (1988)

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่า pH ของน้ำอ้อยจะลดลงตามระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น

2. รุ่งรัตน์ กิจเจริญปัญญา และ คณะ (2543) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 1 พบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ตามระยะเวลามีลักษณะขึ้นๆ ลงๆ แต่ในระยะเวลาที่นานขึ้น (ประมาณ 4 วันขึ้นไป) ค่า pH มีแนวโน้มลดลง ดังรูปที่ 3.1 ในส่วนของอ้อยไฟไหม้มีแนวโน้มที่ค่า pH จะลดลงมากกว่าอ้อยตัดสดเนื่องจากอ้อยไฟไหม้มีบาดแผลจากการตัดอ้อยและเผาใบอ้อยมากกว่า ซึ่งจะทำให้เชื้อจุลินทรีย์เข้าทำลาย

และผลิตเอนไซม์ Invertase ทำให้น้ำตาลซูโครสแตกตัวออกเป็นกลูโคสและฟรุกโทส และแตกตัวเป็นกรดทำให้น้ำอ้อยเปรี้ยว ค่า pH ลดต่ำลงมากกว่าอ้อยตัดสดที่มีบาดแผลน้อยกว่า



รูปที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 1
ที่มา : รุ่งรัตน์ กิจเจริญปัญญา และ คณะ (2543)

- ความสูญเสียที่เกิดจากผลผลิตน้ำตาลที่ได้ลดลง

คุณภาพของอ้อยจะเพิ่มขึ้นตามอายุของมันและเมื่อคุณภาพของอ้อยถึงจุดสูงสุด ซึ่งอาจจะสังเกตได้จากการที่ดอกอ้อยเริ่มที่จะโรย จากนั้นคุณภาพของอ้อยก็จะเริ่มค่อย ๆ ลดลง การเสื่อมคุณภาพของอ้อยอย่างรวดเร็วจะเริ่มขึ้นเมื่ออ้อยถูกตัด ดังนั้นการอ้อยถูกตัดทิ้งไว้เป็นระยะเวลานานกว่าจะได้หีบ จะทำให้คุณภาพของอ้อยเสื่อมลงไปเรื่อย ๆ ซึ่งมีผลต่อผลผลิตของน้ำตาลที่จะลดลงตามไปด้วย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างค่าคุณภาพความหวาน กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวมีดังต่อไปนี้

1. Meade and Chen (1977) ได้อ้างถึงผลการศึกษาของ Foster (1969) ว่าระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกการเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยมีความสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำตาลที่ลดลง ในรูปของอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพความหวานที่ลดลงของทั้งการตัดอ้อยสดและการตัดอ้อยเผาดังตารางที่ 3.7 และเมื่อเปรียบเทียบกับอ้อยคนตัดและอ้อยรถตัดดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังจากการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพความหวานที่ลดลงของการตัดอ้อยสดและการตัดอ้อยเผา

ระยะเวลาหลังจากการเก็บเกี่ยว (ชั่วโมง)	ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพความหวาน (CCS) ที่ลดลง	
	อ้อยตัดสด	อ้อยไฟไหม้
20	0.63	1.12
50	3.31	4.40

ที่มา : Meade and Chen (1977)

ตารางที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังจากการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพความหวานที่ลดลงของอ้อยคนตัดและอ้อยรถตัด

ระยะเวลาหลังจากการเก็บเกี่ยว (วัน)	ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพความหวาน (CCS) ที่ลดลง	
	อ้อยคนตัด	อ้อยรถตัด
1	0.7	2.6
3	2.7	9.0

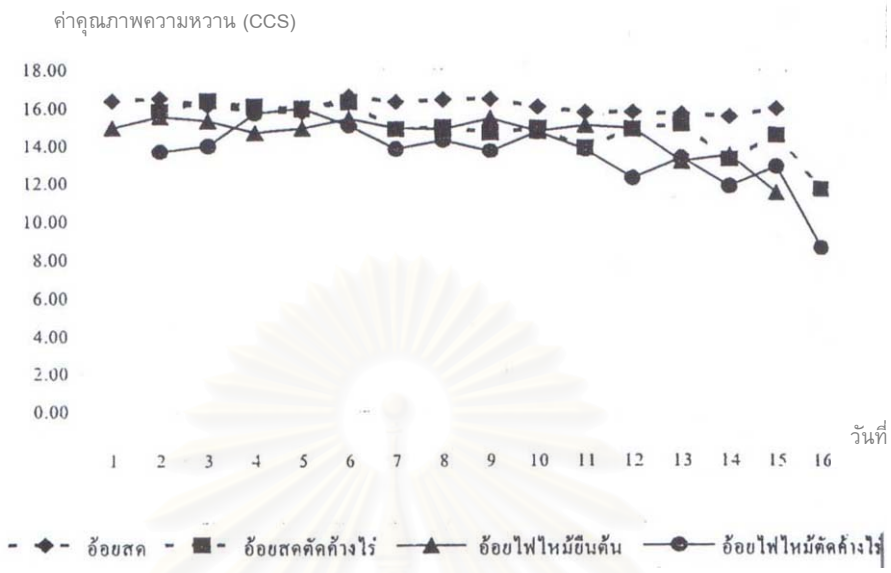
ที่มา : Meade and Chen (1977)

จากตารางที่ 3.7 พบว่าการเผาอ้อยทำให้เกิดการสูญเสียน้ำตาลมาก เนื่องจากเซลล์อ้อยที่ตายแล้วและเซลล์ที่กำลังจะตายถูกจุลินทรีย์ Leuconostoc เปลี่ยนซูโครสซึ่งเป็นส่วนที่ถูกนำมาใช้ในการผลิตน้ำตาลให้เป็นเด็กซ์แทรน (Dextran) ทำให้ปริมาณน้ำตาลที่สามารถผลิตได้ลดลง ในส่วนของตารางที่ 3.8 พบว่าอ้อยรถตัดทำให้เกิดการสูญเสียน้ำตาลมากกว่าอ้อยคนตัด เนื่องจากการตัดอ้อยด้วยรถตัดอ้อยจะทำให้อ้อยมีพื้นที่ผิวที่เปิดออกเนื่องจากการถูกตัดมากกว่าทำให้มีโอกาสที่ซูโครสถูกจุลินทรีย์ Leuconostoc เปลี่ยนเป็นเด็กซ์แทรนได้มากกว่า

2. รุ่งรัตน์ กิจเจริญปัญญา และคณะ (2543) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ ด้านน้ำหนัก คุณภาพความหวาน ปริมาณน้ำตาล และอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงสิ่งปนเปื้อนของอ้อยที่ตัดส่งโรงงาน จากผลการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าคุณภาพความหวานของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 1 ทั้งที่เป็นอ้อยตัดสดและอ้อยไฟไหม้กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวมีแนวโน้มที่จะลดลงตามระยะเวลาแต่ในช่วงแรก ๆ ค่าคุณภาพความหวานมีค่าขึ้น ๆ ลง ๆ ดังรูปที่ 3.2

จากการศึกษาครั้งเดียวกัน คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองและพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าโพลของน้ำอ้อยพันธุ์อู่ทอง 1 ทั้งที่เป็นอ้อยตัดสดและอ้อยไฟไหม้ โดยค่าโพลมีค่าขึ้น ๆ ลง ๆ ดังรูปที่ 3.3 ค่าโพลเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณน้ำตาลซูโครสโดยอนุโลมจากการวิเคราะห์แบบโพลาไรเซชั่น ซึ่งตามความเป็นจริงน้ำตาลซูโครสต้องมีปริมาณที่ลดลงตามระยะเวลา แสดงว่าค่าโพลที่วัด

มาได้ไม่ได้สะท้อนให้เห็นถึงปริมาณน้ำตาลซูโครสที่แท้จริงเนื่องจากมีการปนเปื้อนของเด็กซ์แทรน



รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคุณภาพความหวานของอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 1

ที่มา : รุ่งรัตน์ กิจเจริญปัญญา และคณะ (2543)

รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโพลของน้ำอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 1

ที่มา : รุ่งรัตน์ กิจเจริญปัญญา และคณะ (2543)

3. สามารถ น้อยวัน และคณะ (2543) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลผลิตน้ำตาลที่ได้จากอ้อยสด อ้อยไฟไหม้ อ้อยยาวยอด และอ้อยปนเปื้อน โดยไม่คำนึงถึงพันธุ์ของอ้อย จากผลการศึกษา

พบว่า ค่าคุณภาพความหวานของทั้งอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ มีแนวโน้มที่ลดลงตามระยะเวลาที่อ้อยค้างไร่ (นั่นคือตัดอ้อยสดแล้วหรือเผาอ้อยเพื่อเตรียมการที่จะตัดแล้วแต่ยังไม่ได้หีบอ้อย) แต่ในช่วงแรก (ประมาณ 3 วันแรก) ค่าคุณภาพความหวาน มีค่าขึ้นๆ ลงๆ ดังตารางที่ 3.9

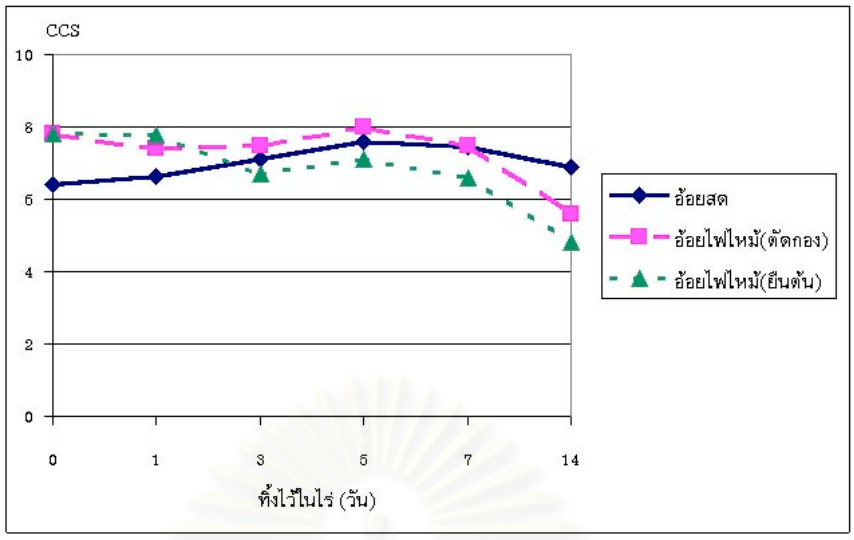
ตารางที่ 3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่อ้อยค้างไร่กับค่าคุณภาพความหวานที่ลดลงของอ้อยสดตัดค้างไร่และอ้อยไฟไหม้ยืนต้น

วันที่อ้อยค้างไร่ (วัน)	ค่าคุณภาพความหวาน (CCS)			
	อ้อยสด ตัดค้างไร่	อัตราส่วนที่ เปลี่ยนแปลง	อ้อยไฟไหม้ ยืนต้น	อัตราส่วนที่ เปลี่ยนแปลง
1	15.06	-	13.42	-
2	14.43	-4.18	14.13	5.29
3	15.34	1.86	14.02	4.47
4	14.53	-3.52	14.36	7.00
5	13.48	-10.49	13.42	0.00
6	13.85	-8.03	13.3	-0.89
8	13.8	-8.37	12.5	-6.86
10	13.79	-8.43	12.31	-8.27
12	13.28	-11.82	11.48	-14.46
15	10.47	-30.48	10.54	-21.46

ที่มา : สามารถ น้อยวัน และคณะ (2543)

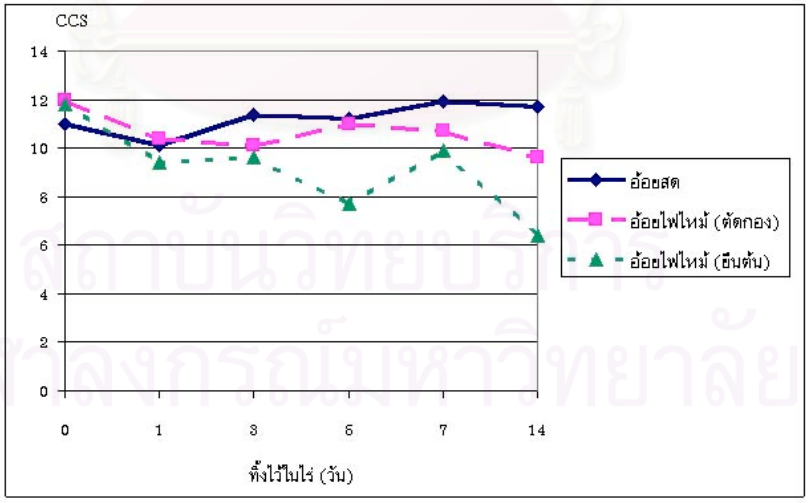
4. อรรถสิทธิ์ บุญธรรม และคณะ (2536) ได้ทำการศึกษาผลของการเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวและทิ้งไว้ที่เวลาต่างๆ ที่มีต่อคุณภาพความหวานและผลผลิตอ้อย 3 พันธุ์ คือ อู่ทอง 1 อู่ทอง 2 และ F 140 โดยทำการปลูกวันที่ 2 มีนาคม 2536 เก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 วันที่ 18 พฤศจิกายน 2536 เก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 วันที่ 18 มกราคม 2537 เก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 วันที่ 18 มีนาคม 2537 จากผลการศึกษาพบว่า

ก. ค่าคุณภาพความหวานของอ้อยสดที่เก็บเกี่ยวเดือนพฤศจิกายนในช่วงระยะเวลา 14 วันแรกมีค่าไม่ลดลงเลย ส่วนค่าคุณภาพความหวานของอ้อยไฟไหม้ตัดกองที่เก็บเกี่ยวเดือนพฤศจิกายนมีค่าลดลงแล้วขึ้นในช่วง 5 วันแรกแล้วลดลงตามระยะเวลา ส่วนค่าคุณภาพความหวานของอ้อยไฟไหม้ยืนต้นที่เก็บเกี่ยวเดือนพฤศจิกายนมีค่าลงในช่วง 3 วันแรกแล้วเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 5 แล้วลดลงตามระยะเวลา ดังรูปที่ 3.4



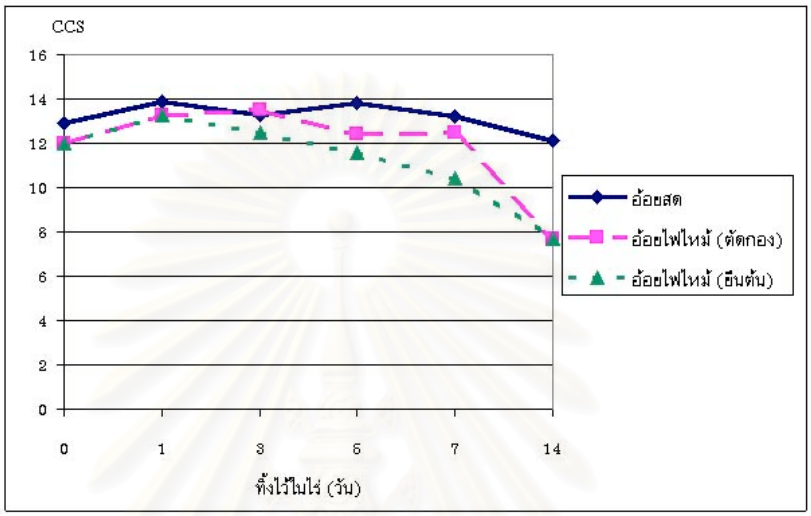
รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่อ้อยค้างไร่กับค่าคุณภาพความหวานของทั้งอ้อยสด อ้อยไฟไหม้ตัดกอง และอ้อยไฟไหม้ยืนต้นที่ตัดในเดือนพฤศจิกายน
ที่มา : อรรถสิทธิ์ บุญธรรม และคณะ (2536)

ข. ค่าคุณภาพความหวานของอ้อยสดที่เก็บเกี่ยวเดือนมกราคมในช่วงระยะเวลา 14 วันแรกมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าคุณภาพความหวานของอ้อยไฟไหม้ตัดกองที่เก็บเกี่ยวเดือนมกราคมมีค่าลดลงในช่วง 3 วันแรกแล้วเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 5 แล้วลดลงตามระยะเวลา ส่วนค่าคุณภาพความหวานของอ้อยไฟไหม้ยืนต้นที่เก็บเกี่ยวเดือนมกราคมมีค่าลดลงในช่วง 5 วันแรกแล้วเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 7 แล้วลดลงตามระยะเวลา ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่อ้อยค้างไร่กับค่าคุณภาพความหวานของทั้งอ้อยสด อ้อยไฟไหม้ตัดกอง และอ้อยไฟไหม้ยืนต้นที่ตัดในเดือนมกราคม
ที่มา : อรรถสิทธิ์ บุญธรรม และคณะ (2536)

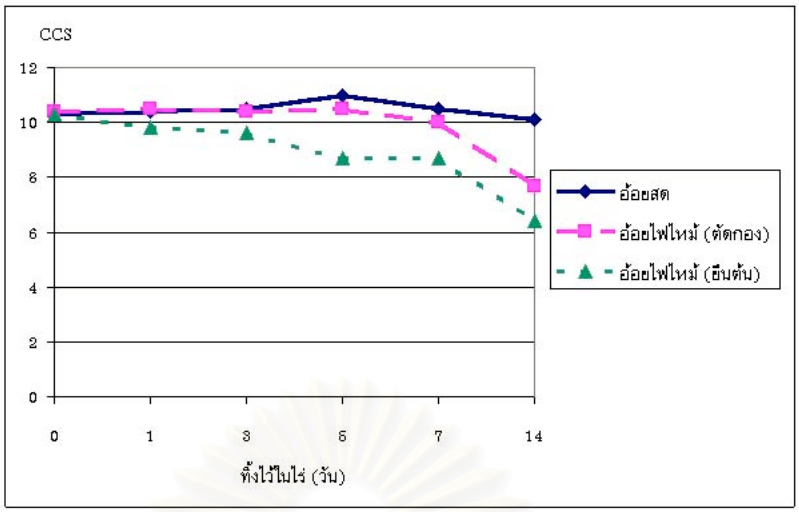
ค. ค่าคุณภาพความหวานของอ้อยสดที่เก็บเกี่ยวเดือนมีนาคมในช่วงระยะเวลา 7 วันแรกมีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ แต่ไม่ลดลงต่ำกว่าวันตัด ส่วนค่าคุณภาพความหวานของอ้อยไฟไหม้ตัดกองที่เก็บเกี่ยวเดือนมีนาคมมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 3 วันแรกแล้วลดลงตามระยะเวลา ส่วนค่าคุณภาพความหวานของอ้อยไฟไหม้ยืนต้นที่เก็บเกี่ยวเดือนมีนาคมมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 1 วันแรก แล้วลดลงตามระยะเวลา ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่อ้อยค้างไร่กับค่าคุณภาพความหวานของทั้งอ้อยสด อ้อยไฟไหม้ตัดกอง และอ้อยไฟไหม้ยืนต้นที่ตัดในเดือนมีนาคม
ที่มา : อรรถสิทธิ์ บุญธรรม และคณะ (2536)

ง. ถ้าพิจารณาค่าคุณภาพความหวานของอ้อยตัดสดและอ้อยไฟไหม้เฉลี่ยจาก 3 พันธุ์ 3 เวลาเก็บเกี่ยว พบว่า ค่าคุณภาพความหวานของอ้อยตัดสดมีค่าไม่ลดลงเลยในช่วง 7 วันแรก ส่วนค่าคุณภาพความหวานของอ้อยไฟไหม้ตัดกองมีค่าไม่ลดลงเลยในช่วง 5 วันแรก ส่วนค่าคุณภาพความหวานของอ้อยไฟไหม้ยืนต้นจะลดลงตามระยะเวลา ดังรูปที่ 3.7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่อ้อยค้างไร่กับค่าคุณภาพความหวานของทั้งอ้อยสด อ้อยไฟไหม้ตัดกอง และอ้อยไฟไหม้ยืนต้นที่เฉลี่ยจาก 3 พันธุ์ 3 เวลาเก็บเกี่ยว
ที่มา : อรรถสิทธิ์ บุญธรรม และคณะ (2536)

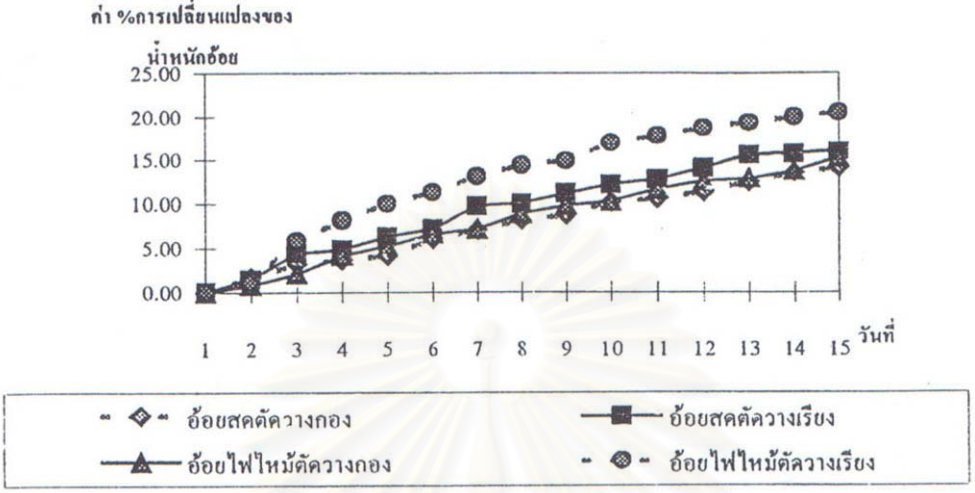
จุดมุ่งหมายของการปลูกอ้อยก็คือ การผลิตน้ำตาลซึ่งก็คือ น้ำตาลซูโครส (Sucrose) ความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยไม่ใช่ความสูญเสียของฝ่ายชาวไร่อ้อยแต่เพียงฝ่ายเดียว แต่เป็นความสูญเสียของฝ่ายโรงงานน้ำตาลด้วย หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นความสูญเสียของทั้งระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายเลยทีเดียว ดังนั้นจำเป็นต้องลดความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย เพื่อลดการสูญเสียน้ำตาล ไม่ว่าจะมีสาเหตุมาจากการที่อ้อยตกค้างทิ้งไว้ในไร่หลายวัน หรือการที่รถบรรทุกอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลต้องติดคิวหน้าโรงงานเป็นเวลานาน ซึ่งจะเป็นผลดีต่อทั้งชาวไร่อ้อยที่ได้รับผลตอบแทนจากการขายอ้อยสูงสุดและโรงงานที่จะสามารถผลิตน้ำตาลได้มากขึ้นเมื่อลดการสูญเสียลง

- ความสูญเสียเนื่องจากน้ำหนักที่ลดลงไป

อ้อยเมื่อถูกเก็บเกี่ยวแล้วจะสูญเสียน้ำหนักประมาณร้อยละ 1-2 ต่อวันในสัปดาห์แรก (Meade and Chen, 1997) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของอ้อยกับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวมีดังต่อไปนี้

1. รุ่งรัตน์ กิจเจริญปัญญา และคณะ (2543) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ ด้านน้ำหนัก คุณภาพความหวาน ปริมาณน้ำตาล และอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงสิ่งปนเปื้อนของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 1 ที่ตัดส่งโรงงาน พบว่า ทั้งอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้จะมีการสูญเสียน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลา การตัดอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ถ้าสามารถนำส่งเข้าโรงงานได้ภายในเวลา 2 วันจะมีการสูญเสียน้ำหนักที่ใกล้เคียงกัน ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลา

หลังการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ้อยแสดงได้ดังรูปที่ 3.8 และตารางที่ 3.10



รูปที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ้อย

ที่มา : รุ่งรัตน์ กิจเจริญปัญญา และคณะ (2543)

การที่อ้อยตัดวางเรียงมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าอ้อยตัดวางกองเนื่องจากการวางเรียงทำให้ลำอ้อยแต่ละลำถูกแสงแดดโดยตรงได้มากกว่าการวางกอง

ตารางที่ 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ้อยที่ลดลงจากการศึกษาของ รุ่งรัตน์ กิจเจริญปัญญาและคณะ

ระยะเวลาหลังจากการเก็บเกี่ยว (วัน)	ลักษณะการเก็บเกี่ยว			
	อ้อยสด ตัดวางเรียง	อ้อยสด ตัดวางกอง	อ้อยไฟไหม้ ตัดวางเรียง	อ้อยไฟไหม้ ตัดวางกอง
5	-6.26%	-4.11%	-9.99%	-5.17%
10	-12.16%	-10.12%	-16.96%	-10.19%
15	-15.98%	-14.06%	-20.51%	-15.20%

ที่มา : รุ่งรัตน์ กิจเจริญปัญญา และคณะ (2543)

2. สามารถ น้อยวัน และคณะ (2543) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลผลิตน้ำตาลที่ได้จากอ้อยสด อ้อยไฟไหม้ อ้อยยาวยอด และอ้อยปนเปื้อน โดยไม่คำนึงถึงพันธุ์ของอ้อย จากผลการศึกษาพบว่า น้ำหนักของอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้จะลดลงตามระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว โดยที่อ้อยไฟไหม้จะมีการลดลงของน้ำหนักหลังจากการเผาแล้วทันทีค่อนข้างสูง แสดงดังตารางที่ 3.11

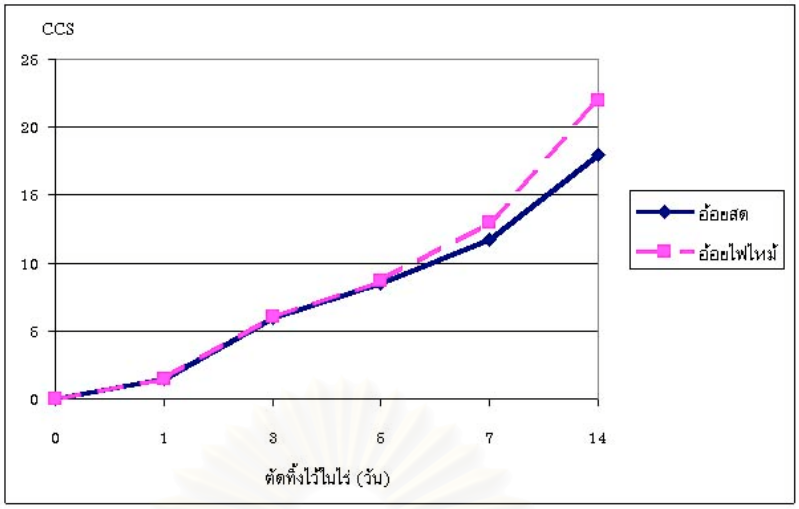
ตารางที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ้อยจากการศึกษาของสามารถ น้อยวัน และคณะ

วันที่อ้อยค้างไร่ (วัน)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)			
	อ้อยสด ตัดค้างไร่	อัตราส่วนของ การเปลี่ยนแปลง	อ้อยไฟไหม้ ยืนต้น	อัตราส่วนของ การเปลี่ยนแปลง
1	11.75	-	13.05	-
2	11.07	-5.79	12.17	-6.74
3	10.7	-8.94	12.02	-7.89
4	10.17	-13.45	11.7	-10.34
5	10.05	-14.47	11.32	-13.26
6	10.05	-14.47	11.32	-13.26
7	9.8	-16.60	11.05	-15.33
8	9.6	-18.30	10.6	-18.77
9	9.55	-18.72	10.6	-18.77
10	9.35	-20.43	10.3	-21.07
11	9.2	-21.70	10.02	-23.22
12	9.2	-21.70	10	-23.37
13	9.15	-22.13	9.87	-24.37
14	8.97	-23.66	9.57	-26.67
15	8.85	-24.68	9.35	-28.35

ที่มา : สามารถ น้อยวัน และคณะ (2543)

3. อรรถสิทธิ์ บุญธรรม และคณะ (2536) ได้ทำการศึกษาผลของการเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวและทิ้งไว้ที่เวลาต่างๆ ที่มีต่อคุณภาพความหวานและผลผลิตของอ้อย 3 พันธุ์ คือ อู่ทอง 1 อู่ทอง 2 และ F 140 โดยทำการปลูกวันที่ 2 มีนาคม 2536 เก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 วันที่ 18 พฤศจิกายน 2536 เก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 วันที่ 18 มกราคม 2537 เก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 วันที่ 18 มีนาคม 2537 จากผลการศึกษาพบว่า

ก. น้ำหนักของอ้อยทั้งอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ตัดกองที่เก็บเกี่ยวเดือนพฤศจิกายนมีแนวโน้มที่ลดลงตามระยะเวลา โดยในช่วง 5 วันแรก น้ำหนักของทั้งอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ ตัดกองมีการลดลงด้วยอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกันมากดังรูปที่ 3.9 และตารางที่ 3.12



รูปที่ 3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ้อยเฉลี่ยทั้ง 3 พันธุ์ที่เก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายน
ที่มา : อรรถสิทธิ์ บุญธรรม และคณะ (2536)

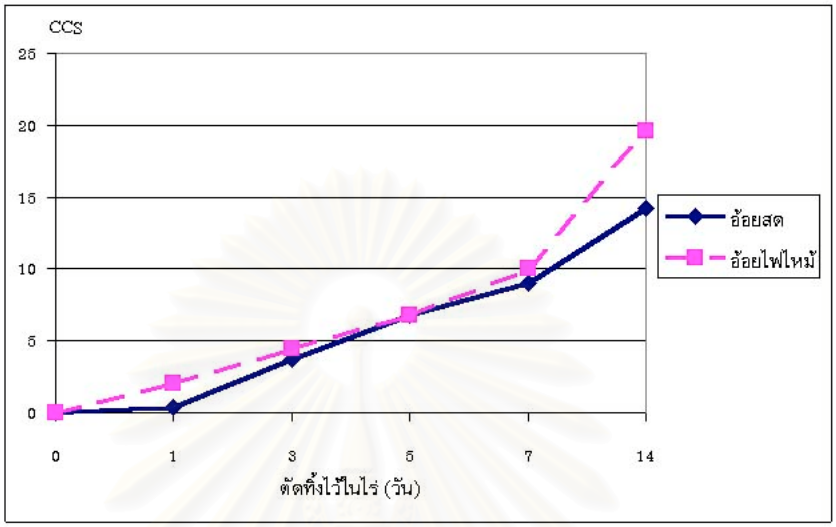
ตารางที่ 3.12 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ้อยเฉลี่ยทั้ง 3 พันธุ์ ที่เก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายน

ระยะเวลาตัดทิ้งไว้ในไร่ (วัน)	ร้อยละของน้ำหนักอ้อยที่ลดลงไป	
	อ้อยสด	อ้อยไฟไหม้
1	-1.47	-1.47
2	-3.79	-3.84
3	-5.95	-6.04
4	-7.24	-7.33
5	-8.45	-8.71

ที่มา : อรรถสิทธิ์ บุญธรรม และคณะ (2536)
หมายเหตุ : ประมาณจากรูปที่ 3.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. น้ำหนักของอ้อยทั้งอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ตัดกองที่เก็บเกี่ยวเดือนมกราคมมีแนวโน้มที่ลดลงตามระยะเวลา แต่เมื่อเปรียบเทียบกับเดือนพฤศจิกายน พบว่าในช่วง 7 วันแรก น้ำหนักของอ้อยจะลดลงน้อยกว่า ดังแสดงในรูปที่ 3.10 และตารางที่ 3.13



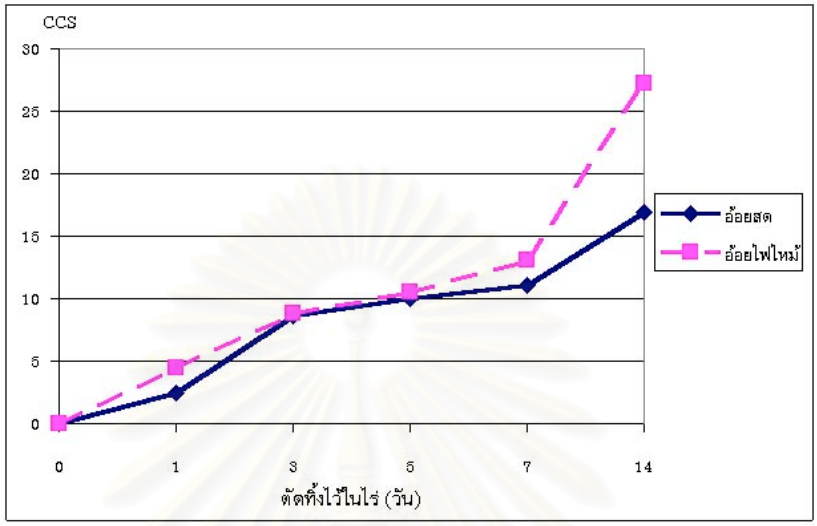
รูปที่ 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ้อยเฉลี่ยทั้ง 3 พันธุ์ที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม
ที่มา : อรรถสิทธิ์ บุญธรรม และคณะ (2536)

ตารางที่ 3.13 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ้อยเฉลี่ยทั้ง 3 พันธุ์ ที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม

ระยะเวลาตัดทิ้งไว้ในไร่ (วัน)	ร้อยละของน้ำหนักอ้อยที่ลดลงไป	
	อ้อยสด	อ้อยไฟไหม้
1	-1.91	-0.39
2	-2.94	-1.61
3	-4.85	-4.31
4	-5.39	-5.05
5	-6.37	-6.42

ที่มา : อรรถสิทธิ์ บุญธรรม และคณะ (2536)
หมายเหตุ : ประมาณจากรูปที่ 3.10

ค. น้ำหนักของอ้อยทั้งอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ตัดกองที่เก็บเกี่ยวเดือนมีนาคมมีแนวโน้มที่ลดลงตามระยะเวลา แต่เมื่อเปรียบเทียบกับเดือนมกราคม พบว่าน้ำหนักของอ้อยจะลดลงมากกว่า ดังแสดงในรูปที่ 3.11 และตารางที่ 3.14



รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ้อยเฉลี่ยทั้ง 3 พันธุ์ที่เก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคม
ที่มา : อรรถสิทธิ์ บุญธรรม และคณะ (2536)

ตารางที่ 3.14 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ้อยเฉลี่ยทั้ง 3 พันธุ์ ที่เก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคม

ระยะเวลาตัดทิ้งไว้ในไร่ (วัน)	ร้อยละของน้ำหนักอ้อยที่ลดลงไป	
	อ้อยสด	อ้อยไฟไหม้
1	-4.32	-2.57
2	-6.35	-5.14
3	-8.58	-8.58
4	-9.32	-9.66
5	-10.07	-10.68

ที่มา : อรรถสิทธิ์ บุญธรรม และคณะ (2536)
หมายเหตุ : ประมาณจากรูปที่ 3.11

ตารางที่ 3.15 สรุปความสัมพันธ์ของระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ้อยเฉลี่ยทั้ง 3 พันธุ์ ที่เก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายน มกราคม และมีนาคม ที่ประมาณจากรูปที่ 3.9 รูปที่ 3.10 และรูปที่ 3.11 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.15 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ้อยเฉลี่ยทั้ง 3 พันธุ์ ที่เก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายน มกราคม และมีนาคม

ระยะเวลาตัดทิ้งไว้ในไร่ (วัน)	ร้อยละของน้ำหนักอ้อยที่ลดลงไป					
	พฤศจิกายน		มกราคม		มีนาคม	
	อ้อยสด	อ้อยไฟไหม้	อ้อยสด	อ้อยไฟไหม้	อ้อยสด	อ้อยไฟไหม้
1	-1.47	-1.47	-1.91	-0.39	-4.32	-2.57
2	-3.79	-3.84	-2.94	-1.61	-6.35	-5.14
3	-5.95	-6.04	-4.85	-4.31	-8.58	-8.58
4	-7.24	-7.33	-5.39	-5.05	-9.32	-9.66
5	-8.45	-8.71	-6.37	-6.42	-10.07	-10.68

ที่มา : อรรถสิทธิ์ บุญธรรม และคณะ (2536)

หมายเหตุ : ประมาณจากรูปที่ 3.9 รูปที่ 3.10 และรูปที่ 3.11

เมื่ออ้อยถูกไฟไหม้น้ำในลำจะไหลพุ่งออกมาทำให้สูญเสียน้ำหนักอ้อย การที่อ้อยสูญเสียน้ำหนักมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความรุนแรงของไฟที่ลุกไหม้ ถ้าไฟไหม้รุนแรงมากอ้อยจะสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 3-6 (หลังจากไฟไหม้ได้ 1-2 วัน) แต่ถ้าไฟไหม้รุนแรงปานกลาง อ้อยจะสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าเพราะว่าหลังจากไฟไหม้รากอ้อยจะดูดน้ำจากในดินขึ้นมาทดแทน ดังนั้นจากการศึกษานี้จะเห็นว่าอ้อยที่เก็บเกี่ยวเดือนมีนาคมมีใบแห้งมาก อีกทั้งอากาศร้อน มีความชื้นในดินและอากาศต่ำ ทำให้ไฟไหม้อ้อยมีความรุนแรงมากกว่าอ้อยที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคมและพฤศจิกายน จึงส่งผลให้อ้อยไฟไหม้ที่เก็บเกี่ยวเดือนมีนาคมสูญเสียน้ำหนักมากกว่าอ้อยไฟไหม้ที่เก็บเกี่ยวเดือนมกราคมและพฤศจิกายน ส่วนอ้อยที่เก็บเกี่ยวเดือนพฤศจิกายนมีน้ำในลำมากเมื่อตัดกองทิ้งไว้ จึงทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าอ้อยที่เก็บเกี่ยวเดือนมกราคมซึ่งมีน้ำในลำน้อยกว่าอีกทั้งมีอากาศเย็น

งานวิจัยข้างต้นทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลเสียต่อระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายมาก จากการศึกษาของ Paitoon Chetthamrongchai et al (2001) พบว่าผู้เกี่ยวข้องในกระบวนการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลทั้ง 3 กลุ่ม อันได้แก่ เจ้าของโรงงานน้ำตาล ชาวไร่อ้อย และผู้ประกอบการรถบรรทุกต่างได้รับผลกระทบจากปัญหาด้านการขนส่งทั้งนั้นซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อต้นทุนของผลิตภัณฑ์น้ำตาลด้วย ดังนั้นการหาวิธีการลดความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยจึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและส่งผลดีให้แก่ระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายทั้งระบบ

3.5 ศึกษาถึงกิจกรรมต่าง ๆ ในกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

กระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนมาก ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมการตัดอ้อย กิจกรรมการขึ้นอ้อย กิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล กิจกรรมการนำอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิต และกิจกรรมการนำรถบรรทุกกลับไปยังไร่ จึงนับว่าเป็นโครงข่ายโลจิสติกส์ที่ซับซ้อน (Logistics Network) โดยที่สามารถสรุปขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลได้ดังนี้

1. ชาวไร่อ้อยทำการวางแผนการตัดอ้อยประจำวัน โดยพยายามตัดอ้อยให้สัมพันธ์กับปริมาณอ้อยที่สามารถขนส่งเข้าโรงงานน้ำตาลให้มากที่สุด

2. ชาวไร่อ้อยทำการตัดอ้อย โดยกระทำได้ 2 รูปแบบ คือ

   2.1 ใช้แรงงานคนตัดอ้อย ซึ่งมีทั้งการตัดอ้อยสด และการเผาตัด แสดงดังรูปที่ 3.12 และ 3.13 ตามลำดับ

   2.2 ใช้รถตัดอ้อย ซึ่งถ้าใช้รถตัดอ้อยแล้วขั้นตอนการนำอ้อยขึ้นรถบรรทุกจะถูกกระทำไปพร้อม ๆกัน แสดงดังรูปที่ 3.14

3. ชาวไร่อ้อยนำอ้อยขึ้นรถบรรทุก โดยกระทำได้ 2 รูปแบบ คือ

   3.1 ใช้แรงงานคนนำอ้อยขึ้นรถบรรทุก แสดงดังรูปที่ 3.15

   3.2 ใช้รถคีบนำอ้อยขึ้นรถบรรทุก แสดงดังรูปที่ 3.16

4. คนขับรถบรรทุกขับรถบรรทุกอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล

5. คนขับรถบรรทุกขับรถบรรทุกอ้อยไปยังศูนย์จ่ายคิวที่โรงงานน้ำตาล โดยแจ้งชื่อคนขับ หมายเลขโควตา และทะเบียนรถแก่เจ้าหน้าที่ จากนั้นเจ้าหน้าที่จะแจกใบคิวอ้อย (สีขาวสำหรับรถบรรทุกอ้อยตัดด้วยแรงงานคน สีเขียวสำหรับรถบรรทุกอ้อยตัดด้วยรถตัดอ้อย) แสดงดังรูปที่ 3.17 ในกรณีที่ก่อนหน้าที่รถบรรทุกของตนเองจะมาถึงศูนย์จ่ายคิวมีรถบรรทุกคันอื่นมารอรับใบคิวอ้อยอยู่ก่อนแล้ว ก็จำเป็นต้องต่อแถวและรอคิวในการรับใบคิว

6. คนขับรถบรรทุกขับรถบรรทุกอ้อยไปจอดที่ลานนอกตามลำดับหมายเลขรถเรียงคิว โดยในหนึ่งแถวรถบรรทุกสามารถจอดเรียงต่อกันได้ประมาณ 10 คัน รถคันต่อมาจะเริ่มต้นแถวใหม่โดยจอดตั้งแถวถัดจากแถวเดิม ยกเว้นในกรณีตั้งแถวจนสุดเขตลานนอกแล้ว ให้ไปตั้งแถวใหม่ที่ลานนอกบริเวณปากประตูทางเข้าโรงงาน ลานนอก

สามารถรองรับรถบรรทุกได้ประมาณ 500 คัน ส่วนรถบรรทุกที่บรรทุกอ้อยรถตัดเมื่อรับใบคิว (สีเขียว) แล้วจะวิ่งแทรกเข้าไปต่อแถวเพื่อชั่งน้ำหนักรถหนักได้เลย

7. คนขับรถบรรทุกจะต้องจอดรถบรรทุกรอที่ลานนอกจนกว่าทางห้องชั่งจะประกาศเรียกเข้าไป รูปแถวคอยลานนอกแสดงได้ดังรูปที่ 3.18

8. ห้องชั่งของทางโรงงานจะเรียกให้รถบรรทุกเข้ามาครั้งละ 30 คัน โดยจะเรียกก็ต่อเมื่อมีรถบรรทุกรอเทอ้อยเหลืออยู่ที่ลานในประมาณ 35 คัน

9. คนขับรถบรรทุกเตรียมตัวขับรถบรรทุกอ้อยวิ่งเข้ามายังบริเวณห้องชั่งเพื่อชั่งน้ำหนักรถหนัก โดยรถคันแรกสามารถวิ่งเข้าไปชั่งน้ำหนักได้เลย ส่วนรถคันต่อๆ มาจะต้องรอค่อยๆ ขับตามรถคันหน้าไป และต้องเสียเวลาในการรอชั่งน้ำหนักเนื่องจากรถคันหน้ายังชั่งน้ำหนักไม่เสร็จด้วย

10. คนขับรถบรรทุกขับรถบรรทุกอ้อยมาชั่งน้ำหนักที่เครื่องชั่งน้ำหนักรถหนัก (น้ำหนักของรถบรรทุกรวมกับน้ำหนักของอ้อย) แสดงดังรูปที่ 3.19

11. เจ้าหน้าที่ชั่งน้ำหนักรถหนักจะกรอกทะเบียนรถ ประเภทของรถ (รถสิบล้อ หรือรถหกล้อ) เกรดของอ้อย (อ้อยสดคนตัด อ้อยไฟไหม้คนตัด อ้อยสดรถตัด และอ้อยไฟไหม้รถตัด) เลขที่เหรียญ เลขที่คิว และหมายเลขโควตาของรถที่ชั่งน้ำหนักรถหนักอยู่ลงไปในโปรแกรมชั่งน้ำหนักอ้อย

12. คนขับรถบรรทุกที่กำลังชั่งน้ำหนักรถหนักอยู่จะลงจากรถมายื่นใบคิวอ้อยให้แก่เจ้าหน้าที่ชั่งน้ำหนักรถหนักที่หน้าห้องชั่ง

13. เจ้าหน้าที่ชั่งน้ำหนักรถหนักจะกรอกน้ำหนักรถหนัก และเลขที่เหรียญซึ่งจะแจกให้กับคนขับรถบรรทุกลงในใบคิว

14. คนขับรถบรรทุกเซ็นชื่อรับทราบ ในกรณีที่เป็นอ้อยไฟไหม้ต้องเซ็นชื่อเพิ่มที่กรอบมุมบนด้านขวาเพื่อยืนยันว่าอ้อยไฟไหม้จริง

15. เจ้าหน้าที่ชั่งน้ำหนักรถหนักเก็บใบคิวไว้แล้วแจกเหรียญ 2 เหรียญให้กับคนขับรถบรรทุก

16. คนขับรถบรรทุกขับรถบรรทุกอ้อยเข้าจอดรอที่ลานใน โดยจะจอดเรียงแถวกันแถวละ 3 คัน จอดได้ประมาณ 12 แถว แสดงดังรูปที่ 3.20

17. พนักงานที่ควบคุมแถวรถจะค่อยๆ ปล่อยรถให้วิ่งเข้ามายื่นเหรียญให้พนักงานลานในที่ป้อม โดยพนักงานลานในจะตรวจสอบลำดับของเหรียญว่าเป็นไปตามลำดับหรือ

ไม่ จากนั้นจะจดหมายเลขทะเบียน เลขเหรียญ ตรวจสอบว่าอ้อยที่บรรทุกมาเป็นอ้อยสดหรืออ้อยไฟไหม้ แล้วแจ้งหมายเลขช่องเทอ้อยที่คนขับรถบรรทุกจะต้องนำรถบรรทุกไปเทโดยจะเรียงไปจากช่องเทอ้อยที่ 1 ถึง ช่องเทอ้อยที่ 6

18. คนขับรถบรรทุกขับรถบรรทุกอ้อยมาจอดรอที่บริเวณหน้าช่องเทอ้อย

19. คนขับรถบรรทุกขับรถบรรทุกอ้อยเข้าไปจอดแทนที่รถบรรทุกที่จอดรอเพื่อเข้าเทอ้อยเมื่อรถบรรทุกที่จอดรอเพื่อเข้าเทอ้อยได้เข้าไปจอดที่ช่องเทอ้อยเรียบร้อยแล้ว โดยจะจอดหันท้ายรถเข้าช่องเทอ้อย แสดงดังรูปที่ 3.21

20. คนขับรถบรรทุกอ้อยจอดรถรอจนกว่ารถบรรทุกคันที่อยู่ในช่องเทอ้อยที่ตนเองจะต้องเข้าไปเทนั้นได้เทอ้อยเสร็จเรียบร้อยแล้วและเคลื่อนรถออกมาจากช่องเทอ้อยแล้ว

21. คนขับรถบรรทุกขับรถบรรทุกอ้อยเข้าไปที่ช่องเทอ้อย จากนั้นคนขับจะลงจากรถ และทำการล็อคล้อหน้าของรถเพื่อป้องกันรถพลิกคว่ำ

22. ช่องเทอ้อยจะสลับกันยกขึ้นเพื่อเทอ้อยโดยเรียงจากช่องเทอ้อยที่ 1 ไปถึงช่องเทอ้อยที่ 6 ช่องเทอ้อยจะยกหน้ารถขึ้นเพื่อให้อ้อยไหลลงไปในสายพานที่จะนำไปสู่ลูกหีบชุดที่ 1 โดยมีตะกาวช่วยโกยอ้อยลงจากรถบรรทุก แสดงดังรูปที่ 3.22 ในขณะเดียวกันพนักงานลานในที่ป้อมจะทำการบันทึกเวลาเทอ้อยของรถบรรทุก

23. เมื่อเทอ้อยหมดเสร็จแล้ว ช่องเทอ้อยจะเคลื่อนที่ลงสู่ระดับราบ คนขับจะปลดล็อคล้อหน้า และขึ้นไปนั่งบนรถ

24. คนขับรถบรรทุกขับรถบรรทุกออกจากช่องเทอ้อยไปจอดยังบริเวณพื้นที่ข้างป้อมของลานในเพื่อเอาอ้อยลงจากรถให้หมด แสดงดังรูปที่ 3.23

25. คนขับรถบรรทุกขับรถบรรทุกออกจากลานในเพื่อมาชั่งน้ำหนักรถเบาที่เครื่องชั่งน้ำหนักรถเบา (น้ำหนักของรถบรรทุกหลังจากเทอ้อยเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยที่โรงงานน้ำตาลแล้ว) แสดงดังรูปที่ 3.24 แล้วนำเหรียญให้กับพนักงานชั่งน้ำหนักรถเบา พนักงานชั่งน้ำหนักรถเบาจะกรอกทะเบียนรถลงไปในโปรแกรมชั่งน้ำหนักอ้อย จากนั้นจะทำการพิมพ์แบบฟอร์ม อ.1 (ใบรับอ้อย) ซึ่งมีอยู่ 4 ใบ โดยใบสีขาวและใบสีชมพูจะให้กับคนขับรถบรรทุก ใบสีเหลืองจะรวมกับใบคิวเพื่อเก็บไว้ในโรงงาน และใบสีฟ้าให้เจ้าหน้าที่สำนักงานอ้อยและน้ำตาลทราย (สอน.) ที่ห้องชั่งเก็บไว้ โดยทุกใบจะมีลายเซ็นของพนักงานชั่งน้ำหนักรถเบาในฐานะผู้รับอ้อย ลายเซ็นของเจ้าหน้าที่สำนักงานอ้อยและน้ำตาลทราย และลายเซ็นของคนขับรถบรรทุกในฐานะผู้ส่งอ้อย

26. คนขับรถบรรทุกขับรถบรรทุกออกจากโรงงานน้ำตาลกลับสู่ไร่อ้อยเพื่อทำการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลในรอบต่อไป

รูปที่ 3.12 การใช้แรงงานคนตัดอ้อยสด

รูปที่ 3.13 การใช้แรงงานคนตัดอ้อยไฟไหม้

รูปที่ 3.14 การตัดอ้อยโดยใช้รถตัดอ้อย

รูปที่ 3.15 การใช้แรงงานคนในการขึ้นอ้อย

รูปที่ 3.16 การใช้รถคีบในการขึ้นอ้อย

รูปที่ 3.17 การรับใบคิว

รูปที่ 3.18 รถบรรทุกจอดรอเรียกเข้าไปชั่งน้ำหนักที่ลานนอก

รูปที่ 3.19 การชั่งน้ำหนักรถหนัก (น้ำหนักรถบรรทุกรวมกับน้ำหนักอ้อย)

รูปที่ 3.20 รถบรรทุกจอดรอเรียกเข้าเทอ้อยที่ลานใน

รูปที่ 3.21 รถบรรทุกจอดรอเตรียมตัวเข้าช่องเทอ้อย

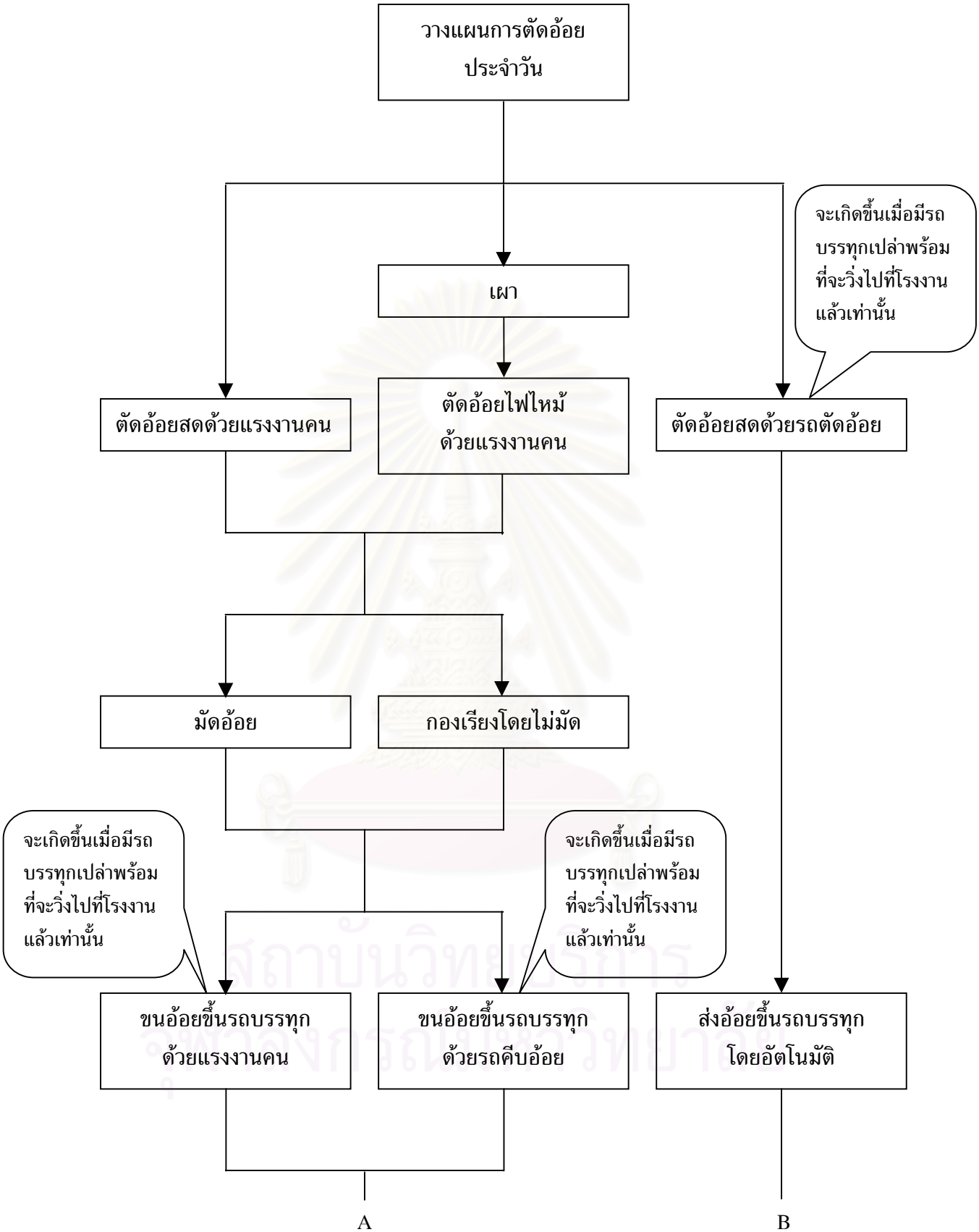
รูปที่ 3.22 ตะกาวกวาดอ้อยจากรถบรรทุกลงสายพานลำเลียงเข้าสู่ลูกหีบชุดที่ 1

รูปที่ 3.23 คนขับรถบรรทุกนำอ้อยที่เหลืออยู่บนรถหลังจากออกจากแท่นเทอ้อยลงจากรถ

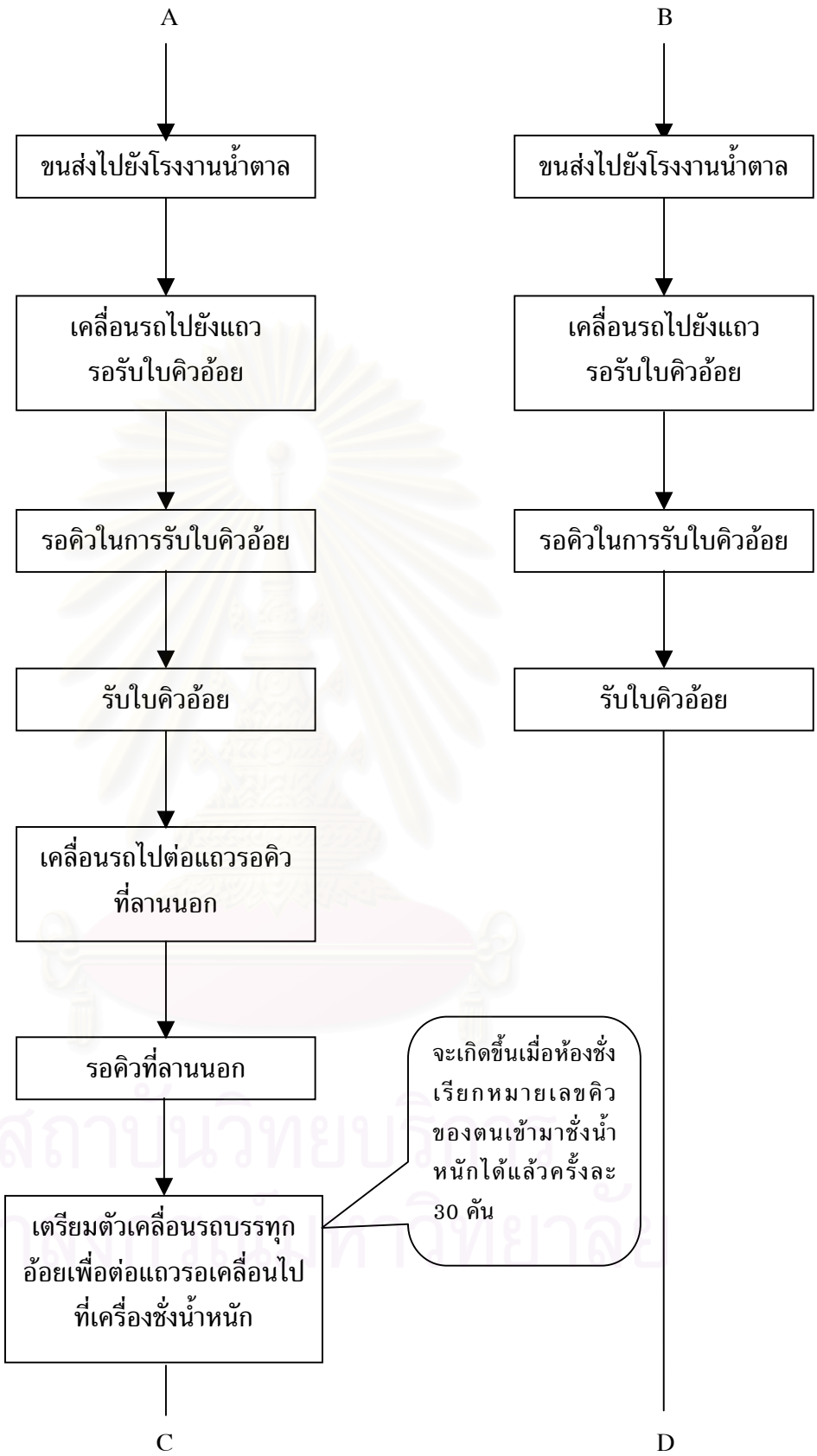
รูปที่ 3.24 การชั่งน้ำหนักรถเบา (น้ำหนักรถบรรทุกหลังจากเทอ้อยลงสายพานลำเลียงแล้ว)

ขั้นตอนของกิจกรรมต่าง ๆ ในกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาลทรายตัวอย่าง ที่กล่าวมาข้างต้นนั้น สามารถสรุปเป็นรูปได้ดังรูปที่ 3.25 ในส่วนของแผนผังของโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องในส่วนของกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลแสดงดังรูปที่ 3.26

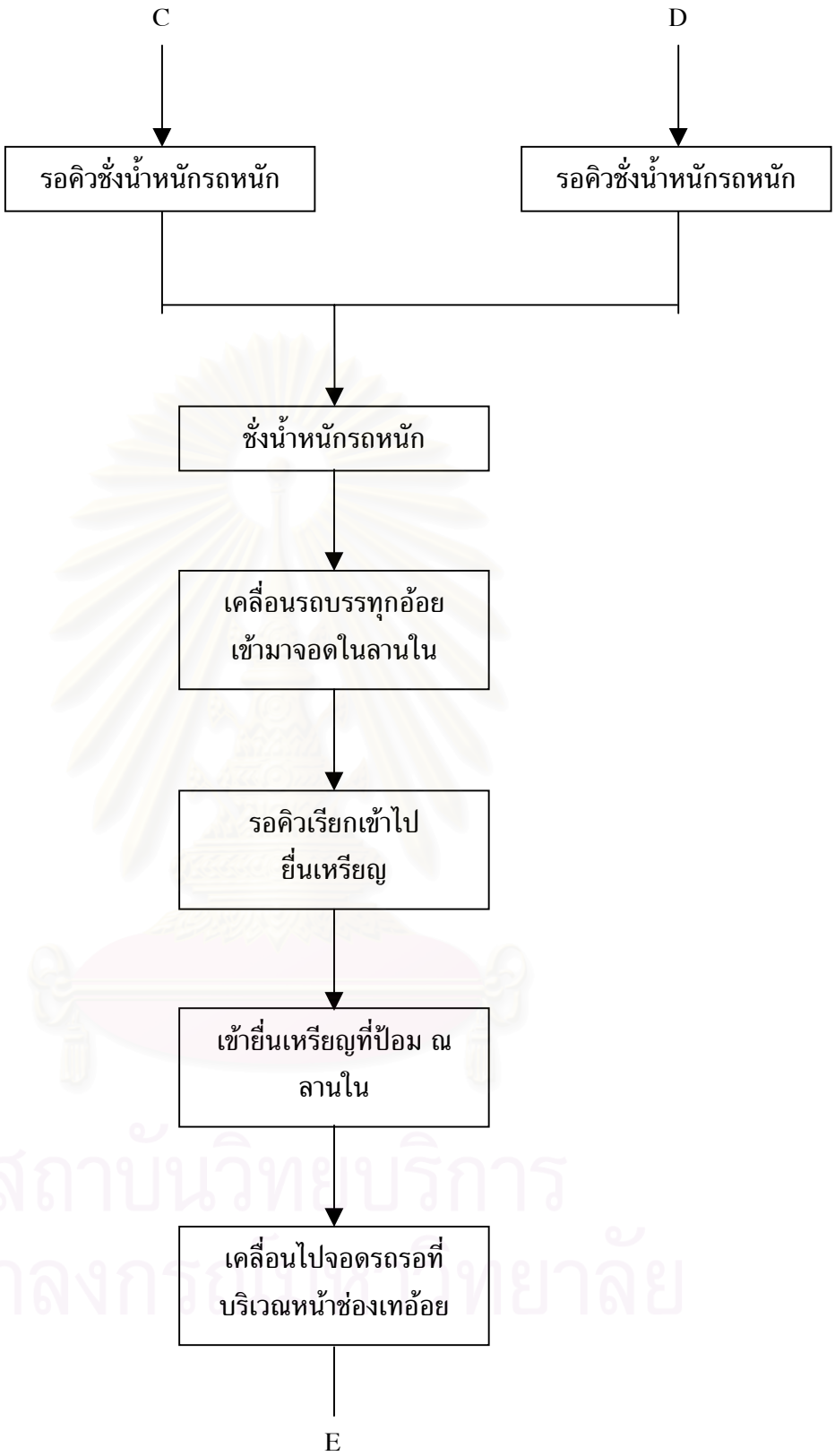
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.25 ขั้นตอนของกิจกรรมต่าง ๆ ในกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

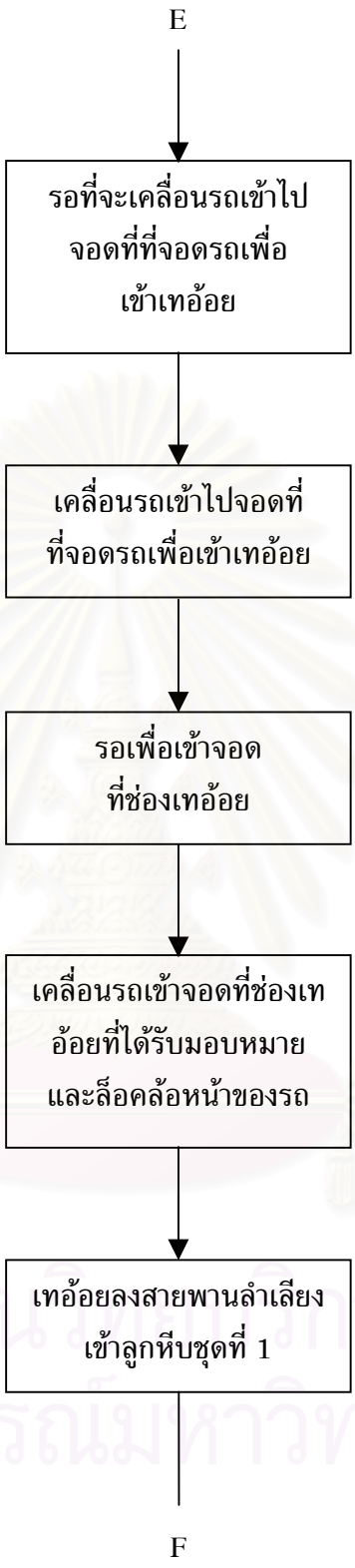


รูปที่ 3.25 ขั้นตอนของกิจกรรมต่าง ๆ ในกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา (ต่อ)

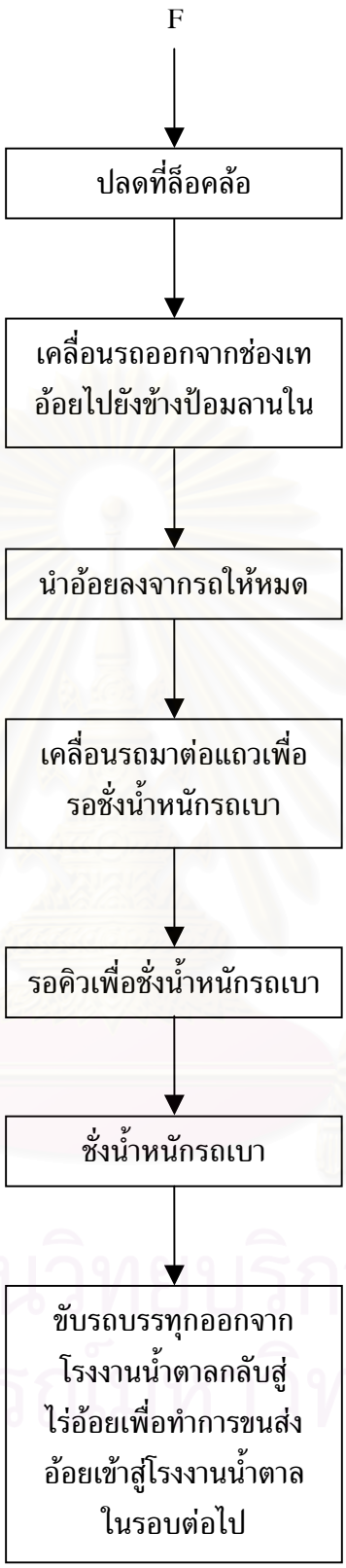


รูปที่ 3.25 ขั้นตอนของกิจกรรมต่าง ๆ ในกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา (ต่อ)

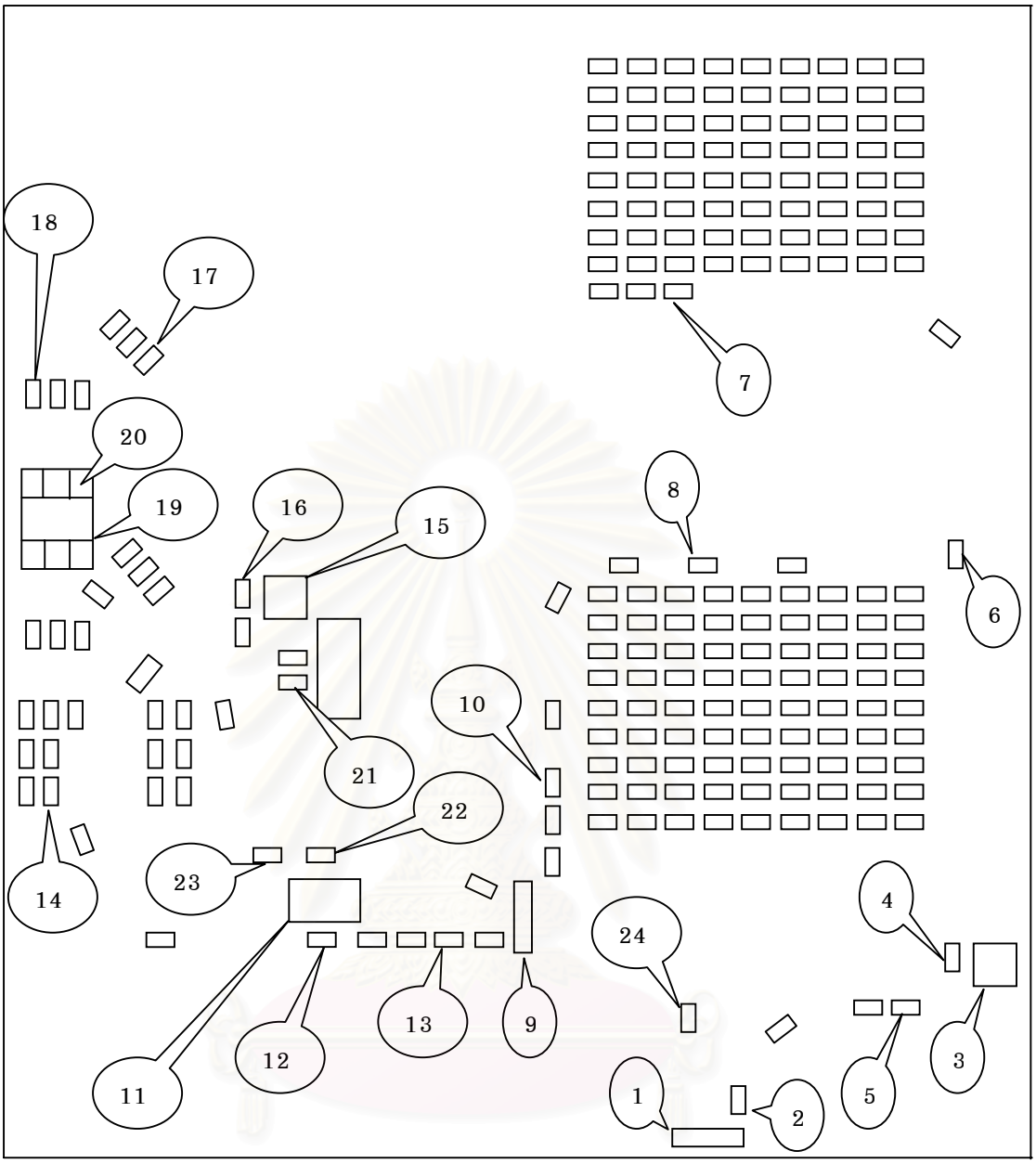
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.25 ขั้นตอนของกิจกรรมต่าง ๆ ในกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา (ต่อ)



รูปที่ 3.25 ขั้นตอนของกิจกรรมต่าง ๆ ในกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา (ต่อ)



รูปที่ 3.26 แผนผังของโรงงานน้ำตาลทรายตัวอย่างที่เกี่ยวข้องในส่วนของกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน

โดยที่หมายเลขต่าง ๆมีความหมายดังนี้

- หมายเลข 1 คือ ประตูทางเข้าโรงงานน้ำตาล
- หมายเลข 2 คือ รถบรรทุกอ้อยที่เข้าโรงงานน้ำตาล
- หมายเลข 3 คือ ศูนย์จ่ายคิว
- หมายเลข 4 คือ รถบรรทุกอ้อยที่รับใบคิวอ้อยอยู่
- หมายเลข 5 คือ คิวของรถบรรทุกอ้อยที่รอรับใบคิวอ้อย

- หมายเลข 6 คือ รถบรรทุกอ้อยแล่นไปจอดที่ลานนอก
- หมายเลข 7 คือ ลานนอกที่ใช้จอดรถบรรทุกอ้อยที่ยังไม่ถูกห้องชั่งเรียกเข้าไปชั่งน้ำหนัก
- หมายเลข 8 คือ รถบรรทุกที่ถูกเรียกเข้าไปชั่งน้ำหนักที่แล่นออกมาจากลานนอก
- หมายเลข 9 คือ ประตูป้อมยาม
- หมายเลข 10 คือ คิวของรถบรรทุกอ้อยที่ถูกห้องชั่งเรียกแล้วแต่ยังไม่สามารถผ่านประตูป้อมยามเข้าไปได้เนื่องจากคิวของรถบรรทุกอ้อยรอชั่งน้ำหนักยังยาวอยู่
- หมายเลข 11 คือ ห้องชั่งน้ำหนัก
- หมายเลข 12 คือ รถบรรทุกอ้อยที่ทำการชั่งน้ำหนักรถหนักอยู่
- หมายเลข 13 คือ คิวของรถบรรทุกอ้อยที่รอการเข้าชั่งน้ำหนักรถหนัก
- หมายเลข 14 คือ รถบรรทุกอ้อยที่จอดรอในลานใน
- หมายเลข 15 คือ ป้อมลานใน
- หมายเลข 16 คือ รถบรรทุกอ้อยที่ยื่นเหรียญอยู่
- หมายเลข 17 คือ รถบรรทุกอ้อยที่จอดรอหน้าช่องเทอ้อยเพื่อรอที่จะเข้าไปจอดแทนที่รถบรรทุกอ้อยที่จอดรอเพื่อเข้าเทอ้อย
- หมายเลข 18 คือ รถบรรทุกอ้อยที่จอดรอเพื่อเข้าเทอ้อย
- หมายเลข 19 คือ ช่องเทอ้อย
- หมายเลข 20 คือ รถบรรทุกอ้อยที่อยู่ในช่องเทอ้อย
- หมายเลข 21 คือ รถบรรทุกเปล่าที่จอดข้างป้อมลานในเพื่อขนอ้อยลงจากรถบรรทุกให้หมด
- หมายเลข 22 คือ รถบรรทุกที่ทำการชั่งน้ำหนักรถเบาอยู่
- หมายเลข 23 คือ คิวของรถบรรทุกที่รอการเข้าชั่งน้ำหนักรถเบา
- หมายเลข 24 คือ รถบรรทุกออกจากโรงงานน้ำตาล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต่อการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยมีสาระสำคัญ ดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการซื้อขายอ้อยเป็นแบบซื้อขายล่วงหน้าโดยชาวไร่อ้อยจะทำสัญญาซื้อขายอ้อยกับทางโรงงานน้ำตาลในจำนวนที่ไม่น้อยกว่าปริมาณอ้อยขั้นต่ำที่ทางโรงงานกำหนด ในรายของชาวไร่อ้อยที่ไม่สามารถผลิตอ้อยได้มากพอกับปริมาณอ้อยขั้นต่ำที่ทางโรงงานกำหนดไว้ ก็จะต้องขายอ้อยโดยผ่านชาวไร่รายที่ทำสัญญากับโรงงาน

2. ราคาของอ้อยที่ชาวไร่จะได้รับถูกกำหนดจากน้ำหนักและค่าคุณภาพความหวานของอ้อย (Commercial Cane Sugar, CCS) ดังนั้นการจัดส่งอ้อยเข้าหีบที่โรงงานโดยเร็วหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นเนื่องจากน้ำหนักและค่าคุณภาพความหวานของอ้อยจะลดลงตามระยะเวลาหลังจากที่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวแล้ว คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายจะกำหนดราคาอ้อยต่อตันไว้ที่ 10 CCS หากอ้อยที่ส่งเข้าโรงงานมีค่าคุณภาพความหวานสูงกว่าค่า CCS ที่กำหนด ก็จะได้รับเงินเพิ่มขึ้นร้อยละ 6 ต่อ 1 CCS ในขณะที่อ้อยที่ส่งเข้าโรงงานมีค่าคุณภาพความหวานต่ำกว่าค่า CCS ที่กำหนด ก็จะได้รับเงินลดลงร้อยละ 6 ต่อ 1 CCS คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายจะกำหนดราคาอ้อย 2 ครั้ง ครั้งแรกจะกำหนดราคาอ้อยเพื่อให้ทางโรงงานจ่ายเงิน ค่าอ้อยส่วนหนึ่งให้กับชาวไร่อ้อยไปก่อนเมื่อนำอ้อยมาส่งที่โรงงาน และจะประกาศอีกครั้งเมื่อคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายได้คำนวณรายได้สุทธิที่เกิดขึ้นจากการขายน้ำตาลทุกประเภทและหักรายจ่ายแล้วเพื่อแบ่งปันให้กับฝ่ายชาวไร่อ้อยและฝ่ายโรงงานน้ำตาลตามระบบแบ่งปันผลประโยชน์ 70/30 (Sharing System 70/30) โดยร้อยละ 70 จะเป็นของฝ่ายชาวไร่ และร้อยละ 30 เป็นของฝ่ายโรงงานน้ำตาล ซึ่งจะแบ่งตามสัดส่วนกันไปในแต่ละราย

3. การเก็บเกี่ยวอ้อยและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจะเกิดขึ้นในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนพฤษภาคมเนื่องจากเป็นช่วงฤดูกาลผลิตน้ำตาล ในปัจจุบันราคาอ้อยถูกกำหนดโดยน้ำหนักและค่าคุณภาพความหวานดังนั้นชาวไร่อ้อยจะทำการเก็บเกี่ยวอ้อยในช่วงที่อ้อยสะสมน้ำหนักและความหวานสูงสุดซึ่งจะสามารถผลิตน้ำตาลต่อตันอ้อยได้สูงสุด โดยปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับน้ำหนักและคุณภาพความหวานของอ้อย ได้แก่ พันธุ์ของอ้อย อายุของอ้อย จำนวนครั้งที่ทำการเก็บเกี่ยวจากอ้อยแปลงนั้น (อ้อยปลูกใหม่ อ้อยตอหนึ่ง อ้อยตอสอง) ระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย การเผาอ้อย และลักษณะการตัดอ้อย

4. การเก็บเกี่ยวอ้อยในประเทศไทยมีอยู่ 3 ระบบ ได้แก่ ใช้แรงงานคนทั้งหมดในการตัดและขึ้นอ้อย ใช้แรงงานคนตัดและใช้รถคีบอ้อยใส่ในรถบรรทุก และใช้รถตัดอ้อยเป็นท่อนโดยขนถ่ายลงรถบรรทุกทันที

5. การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลเป็นหน้าที่ของชาวไร่อ้อย โดยมากแล้วจะใช้รถบรรทุกสิบล้อหรือรถบรรทุกหกล้อ

6. คิวส่งมอบอ้อยที่ใช้กันอยู่มีอยู่ 2 ระบบ คือ ระบบคิวเสรีหรือคิวเข้า และระบบคิวล็อกหรือคิวออก ซึ่งระบบคิวเสรีจะถูกนำมาใช้มากกว่าระบบคิวล็อก

7. ความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยมีผลกระทบต่อทุกฝ่ายในอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย ไม่ว่าจะเป็นฝ่ายชาวไร่อ้อย โรงงานน้ำตาล และโดยรวมทั้งอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย โดยความสูญเสียที่เกิดขึ้น มีดังนี้

   - ความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับฝ่ายชาวไร่ ได้แก่ ความสูญเสียจากการใช้รถบรรทุกเครื่องมือและแรงงานในกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลได้อย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ

   - ความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับฝ่ายโรงงานน้ำตาล ได้แก่ ความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตที่ทำได้ยากมากยิ่งขึ้น เนื่องจากการที่น้ำตาลซูโครสเปลี่ยนไปเป็นเด็กซ์แทรน และความสูญเสียที่เกิดจากการต้องใช้น้ำปูนขาวในการปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำอ้อยในขั้นตอนของการทำใสเพราะความเป็นกรดที่เกิดขึ้น

   - ความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับทั้งฝ่ายชาวไร่และฝ่ายโรงงาน ได้แก่ ความสูญเสียที่เกิดจากผลผลิตน้ำตาล (Yield) ที่ได้ลดลง

   การลดความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยจึงทำให้เกิดผลดีแก่ทุกฝ่ายในระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย ไม่ว่าจะเป็นฝ่ายชาวไร่อ้อยหรือฝ่ายโรงงานน้ำตาล อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศไทยในเวทีการค้าระดับโลกอีกด้วย

บทที่ 4
การสร้างและพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์

บทที่ผ่านมาได้กล่าวถึงระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย และกิจกรรมต่างๆ ในกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลทรายตัวอย่างอย่างละเอียดเพื่อให้เกิดความเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว ในบทนี้จะกล่าวถึงการสร้างและพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์เพื่อการวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาล ซึ่งการสร้างและพัฒนาแบบจำลองนั้นจะกระทำไปควบคู่กับการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง กล่าวคือ เมื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์เบื้องต้นแล้ว ก็จะทำการเก็บข้อมูลที่ต้องใช้ในแบบจำลอง แต่หลักการสร้างแบบจำลองจะสร้างแบบจำลองอย่างง่ายๆ ก่อน แล้วจึงค่อยๆ เพิ่มองค์ประกอบต่างๆ เพื่อให้แบบจำลองมีความซับซ้อนขึ้นเรื่อยๆ จนสามารถเป็นตัวแทนของระบบจริงได้ ดังนั้นเมื่อแบบจำลองมีความซับซ้อนมากขึ้นก็จำเป็นที่จะต้องเก็บรวบรวมข้อมูลมากขึ้นตาม ทำอย่างนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งแบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของระบบจริงได้ การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่นำมาใช้ในแบบจำลองสถานการณ์จะกล่าวถึงในบทถัดไป

ระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลเป็นระบบที่ใหญ่และมีความซับซ้อนสูง ดังนั้นจึงต้องมีการตั้งสมมติฐานและกำหนดขอบเขตของแบบจำลองไว้ก่อนเพื่อเป็นเป้าหมายในการดำเนินการและป้องกันความสับสนที่จะเกิดขึ้น จากนั้นถึงทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์และพัฒนาแบบจำลองต่อไป ซึ่งจะกล่าวถึงเป็นลำดับดังนี้

4.1 สมมติฐานหลักของแบบจำลองสถานการณ์

ระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลเป็นระบบที่ใหญ่และมีความซับซ้อนสูง ซึ่งประกอบไปด้วยกิจกรรมต่างๆ มากมายทั้งของชาวไร่ กิจกรรมด้านการขนส่งจนกระทั่งขบวนการผลิตของโรงงานน้ำตาล ส่งผลให้เป็นโครงข่ายโลจิสติกส์ที่ซับซ้อน (Logistics Network) การที่จะสร้างแบบจำลองสถานการณ์ที่สามารถสะท้อนถึงระบบจริงที่สมบูรณ์ครบถ้วนจึงถึงเป็นไปได้ยาก และอาจต้องใช้ค่าใช้จ่ายรวมถึงเวลาในการสร้างแบบจำลองที่สูง ซึ่งในบางกรณีอาจจะไม่มีความจำเป็นที่จะต้องสร้างแบบจำลองสถานการณ์ให้มีความสมบูรณ์ครบถ้วนขนาดนั้น การตั้งสมมติฐานจึงถูกนำมาใช้เพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์ที่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงระบบจริงที่มีรายละเอียดเพียงพอต่อการวิเคราะห์ที่เราตั้งไว้เท่านั้น สมมติฐานหลักของแบบจำลองมีดังต่อไปนี้

1. เวลาของกิจกรรมการเผาอ้อยจะไม่ถูกนำมากล่าวถึงในแบบจำลองเนื่องจากไม่มีผลกระทบกับกิจกรรมการเก็บเกี่ยวอ้อย

2. ในการวิเคราะห์จะใช้การวิเคราะห์เป็นกลุ่มชาวไร่โดยแบ่งกลุ่มตามเขตส่งเสริมที่มี 5 เขตและแบ่งเขตพิเศษออกมาอีกกลุ่มเนื่องจากใช้รถตัดอ้อย ดังนั้นจึงมีจัดกลุ่มชาวไร่เป็น 6 กลุ่ม

3. ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนแรงงาน เครื่องจักรและรถบรรทุกที่ใช้ในแต่ละไร่ตลอดฤดูหีบ

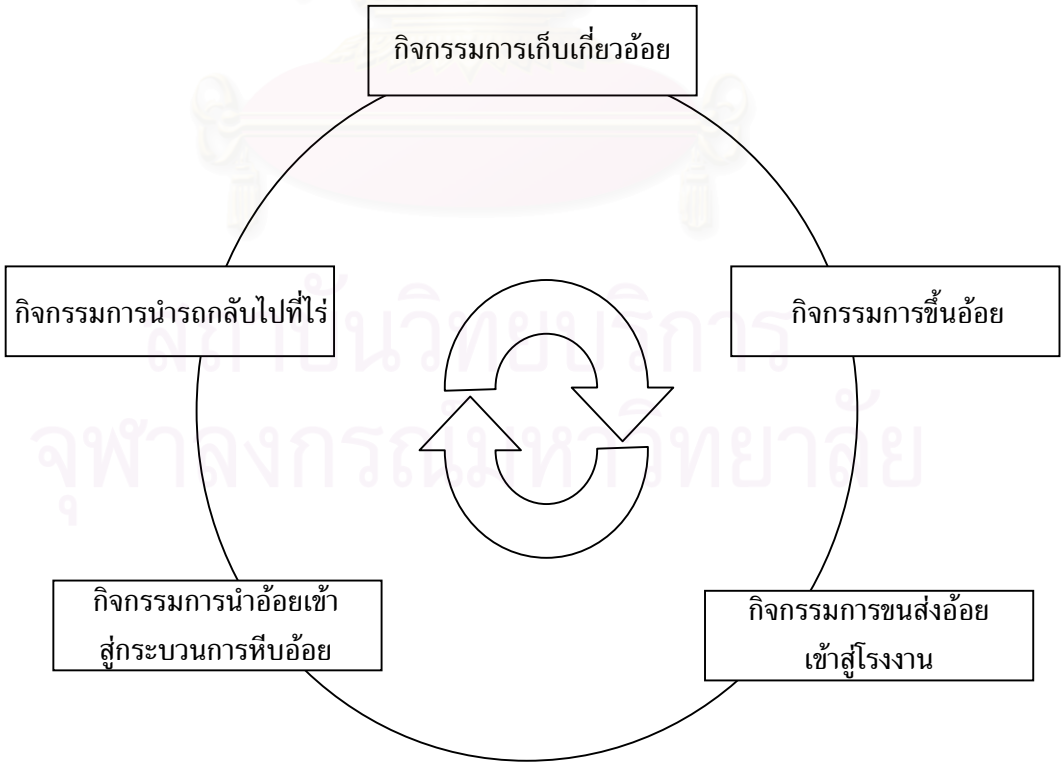
4. เวลาการเริ่มตัดอ้อยจะเริ่มต้นและสิ้นสุดที่เวลาที่แน่นอนทุกวันในแต่ละไร่

5. ระยะทางจากไร่ไปสู่โรงงานเป็นระยะทางเฉลี่ยของพื้นที่ไร่ที่ชาวไร่รายนั้นเก็บเกี่ยวทั้งหมด

6. ข้อมูลในการสร้างและทดสอบแบบจำลองเป็นข้อมูลของฤดูหีบอ้อย 2545/2546

4.2 ขอบเขตของแบบจำลองสถานการณ์

แบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลนี้มีขอบเขตของแบบจำลองครอบคลุมตั้งแต่กิจกรรมการเก็บเกี่ยวอ้อย กิจกรรมการขึ้นอ้อย กิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล กิจกรรมการนำอ้อยเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยที่โรงงาน จนกระทั่งถึงการนำรถบรรทุกกลับไปที่ไร่ ซึ่งแบบจำลองสถานการณ์นี้จะพิจารณาเฉพาะชาวไร่ที่ส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาเท่านั้น



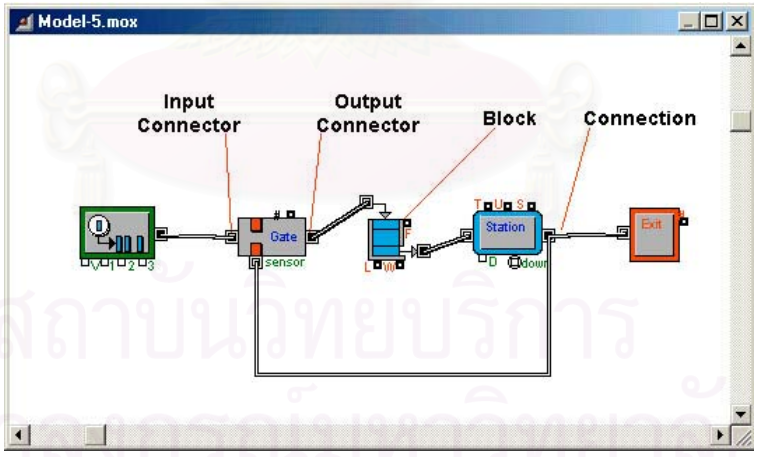
รูปที่ 4.1 ขอบเขตของแบบจำลองสถานการณ์

4.3 แบบจำลองสถานการณ์เพื่อการวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาล

การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้โปรแกรม “Extend” ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ โปรแกรม “Extend” พัฒนามาจากภาษาคอมพิวเตอร์ที่มีชื่อว่า “ModL” ซึ่งมีแนวความคิดที่ใกล้เคียงกับภาษา “C” แต่ผู้ที่จะใช้โปรแกรม “Extend” ในการสร้างแบบจำลองอาจจะไม่จำเป็นที่ต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาเองจากภาษา “ModL” เนื่องจากภายในโปรแกรมมีชุดของบล็อก (Block) ซึ่งเป็นรูปภาพใช้แทนชุดคำสั่งที่เขียนด้วยภาษา “ModL” ให้เลือกใช้งานได้ตามความต้องการของผู้สร้างแบบจำลองอยู่จำนวนหนึ่ง ทำให้ผู้ใช้โปรแกรม “Extend” สามารถเรียนรู้ที่จะใช้งานได้ง่าย ออกแบบและแก้ไขแบบจำลองได้อย่างสะดวก

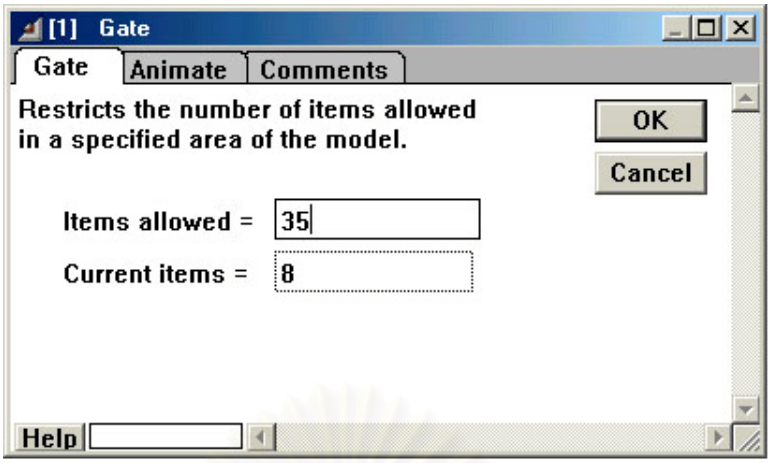
การสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม “Extend” มีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 2 ส่วนที่ผู้สร้างแบบจำลองจะต้องเรียนรู้อย่างลึกซึ้งเพื่อที่จะออกแบบแบบจำลองให้สะท้อนถึงสภาพความเป็นจริงของระบบให้ได้มากที่สุด ได้แก่ บล็อก (Block) และ ไดอะล็อค (Dialog)

บล็อกใช้แทนชุดคำสั่งที่เขียนด้วยภาษา “ModL” ที่ใช้แทนส่วนหนึ่งของกิจกรรมของระบบที่ต้องการจะออกแบบ บล็อกโดยมากในโปรแกรม “Extend” จะประกอบไปด้วย รูปภาพ ไดอะล็อคสำหรับการป้อนข้อมูลและแสดงผลข้อมูลและจุดเชื่อมต่อ (Connector) ซึ่งโดยทั่วไปบล็อกจะทำการรับข้อมูลเข้ามาทางจุดเชื่อมต่อนำเข้า (Input Connector) และดำเนินตามโปรแกรมที่กำหนดไว้ในบล็อกนั้น ๆจากนั้นจะส่งข้อมูลออกจากบล็อกทางจุดเชื่อมต่อส่งออก (Output Connector) เพื่อส่งผ่านไปยังบล็อกที่อยู่ถัดไปในแบบจำลองโดยผ่านทางเส้นต่อเชื่อม (Connection) ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของบล็อก

ไดอะล็อคนำมาใช้ในการป้อนข้อมูลก่อนที่จะทำการประมวลผลแบบจำลองสถานการณ์ และใช้ในการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล ตัวอย่างของไดอะล็อคแสดงได้ดังรูปที่ 4.3

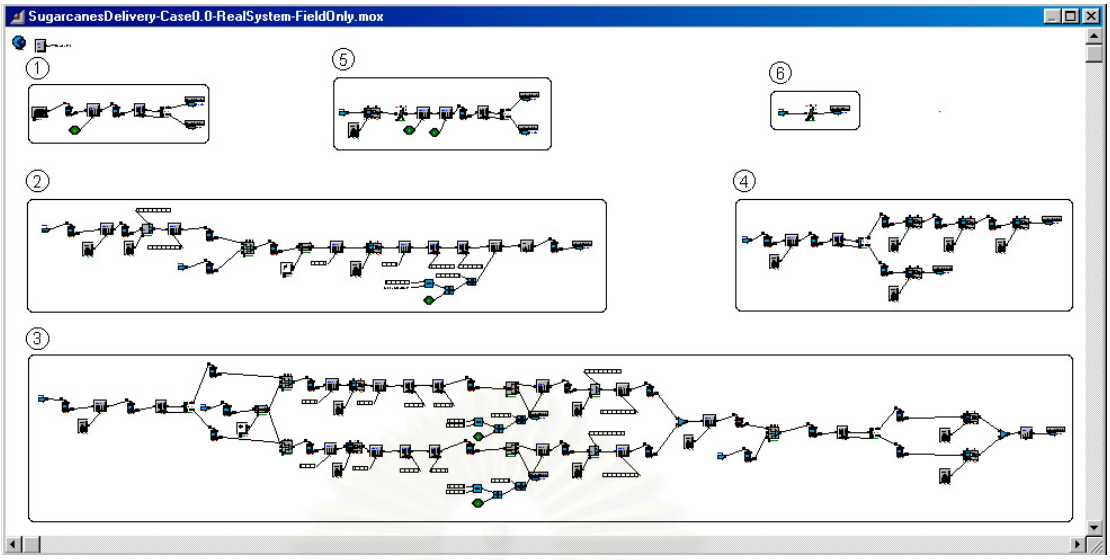


รูปที่ 4.3 ไดอะล็อคทั้งในส่วนที่ใช้ป้อนข้อมูลและส่วนที่ใช้แสดงผล

เมื่อศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองให้มีความเข้าใจอย่างถ่องแท้แล้ว จึงเริ่มทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ แบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามความละเอียดของการเข้าถึงข้อมูล คือ แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่ง และแบบจำลองในส่วนของโรงงานน้ำตาล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

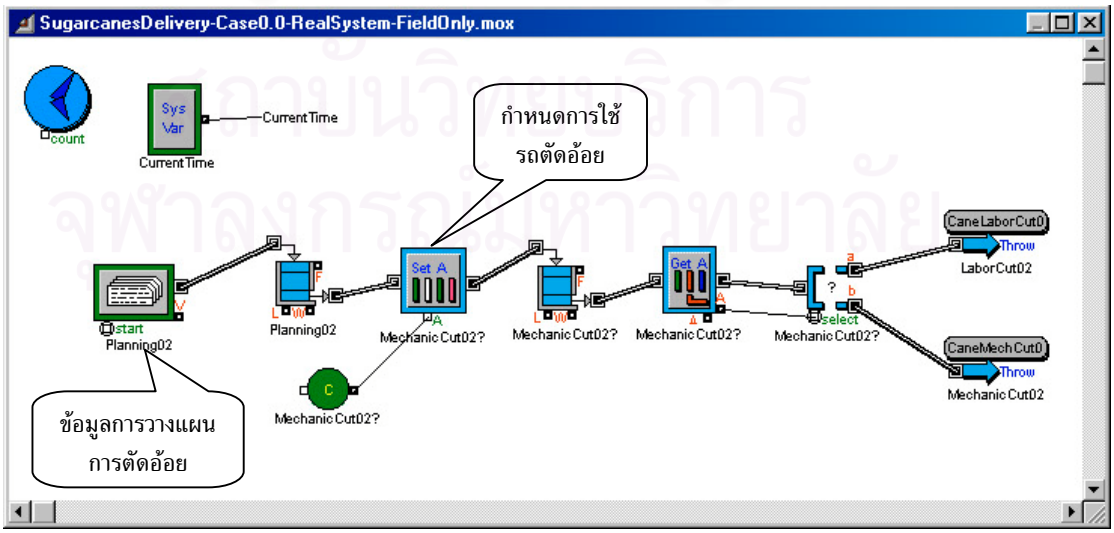
4.3.1 แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่ง

แบบจำลองในส่วนนี้จะเกี่ยวข้องกับกิจกรรมทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในไร่ การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลและการนำรถบรรทุกกลับมาที่ไร่ ซึ่งเริ่มจากการวางแผนการตัดอ้อยเป็นการกำหนดจำนวนของอ้อยที่จะตัดในแต่ละวัน กิจกรรมการเก็บเกี่ยวอ้อยจะทำตามแผนการตัดที่วางเอาไว้ โดยชาวไร่จะพิจารณาจากจำนวนอ้อยทั้งหมดที่ต้องส่งเข้าโรงงานในฤดูหีบนั้น จำนวนวันที่วางแผนจะทำการเก็บเกี่ยว ช่วงเวลาที่ทำการเก็บเกี่ยว จำนวนแรงงานคนตัดอ้อยที่มี จำนวนรถตัดที่มี จำนวนแรงงานคนขึ้นอ้อยที่มี จำนวนรถคีบอ้อยที่มี ความสามารถในการตัดอ้อยของแรงงานคน ความสามารถในการตัดอ้อยของรถตัดอ้อย ความสามารถในการขึ้นอ้อยของแรงงานคน และความสามารถในการขึ้นอ้อยของรถคีบอ้อย ต่อไปก็จะทำกิจกรรมการขึ้นอ้อยและกิจกรรมการขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาล รวมถึงกิจกรรมการนำรถบรรทุกกลับมาที่ไร่ โครงสร้างแบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งแสดงดังรูปที่ 4.4 ขั้นตอนของกิจกรรมต่างๆ ภายในไร่แบ่งได้เป็นแบบจำลองย่อย 6 ส่วน ดังต่อไปนี้

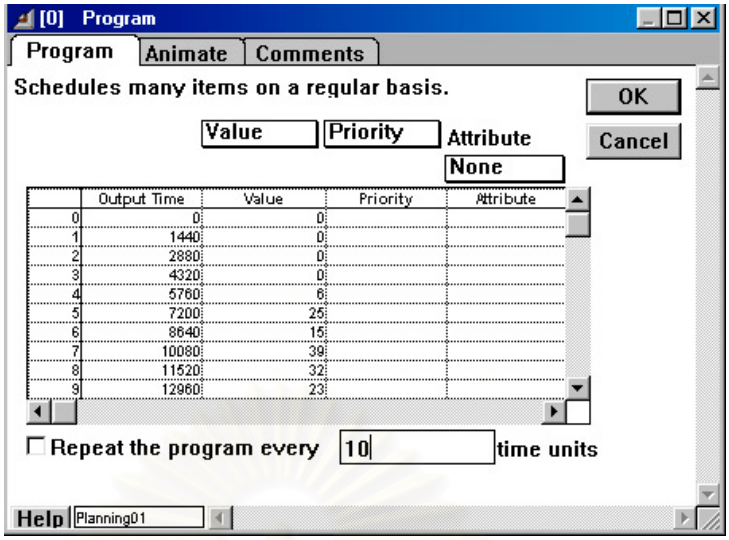


รูปที่ 4.4 แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่ง

1. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งส่วนที่ 1 เป็นส่วนของการวางแผนการตัดอ้อย โดยมีส่วนประกอบของแบบจำลอง ดังรูปที่ 4.5 การวางแผนการตัดอ้อยจะกำหนดปริมาณอ้อยที่จะทำการตัดในแต่ละวันโดยในแบบจำลองนี้จะสร้างส่วนทำการ “อ้อยหนึ่งคันรถ” ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 19.7 ตันต่อคันสำหรับอ้อยคนตัด และ 16.5 ตันต่อคันสำหรับอ้อยรถตัดตามปริมาณอ้อยที่วางแผนไว้ในแต่ละวัน ดังรูปที่ 4.6 และการเลือกที่จะใช้รถตัดอ้อยหรือไม่ตามค่าของคุณสมบัติของส่วนทำการ (Attribute) “MechanicCut” โดยที่ส่วนทำการ “อ้อยหนึ่งคันรถ” จำนวนเท่ากับปริมาณอ้อยที่วางแผนการตัดอ้อยไว้จะถูกส่งไปยังแบบจำลองส่วนที่ 2 กิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้รถตัดอ้อย และแบบจำลองส่วนที่ 3 กิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้แรงงานคนตัดอ้อยตามค่าคุณสมบัติส่วนทำการ “MechanicCut” ที่ตั้งไว้ต่อไป

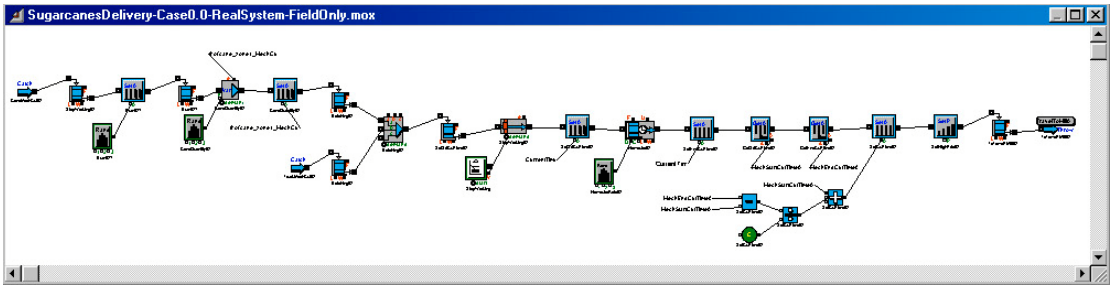


รูปที่ 4.5 แบบจำลองในส่วนของการวางแผนการตัดอ้อย

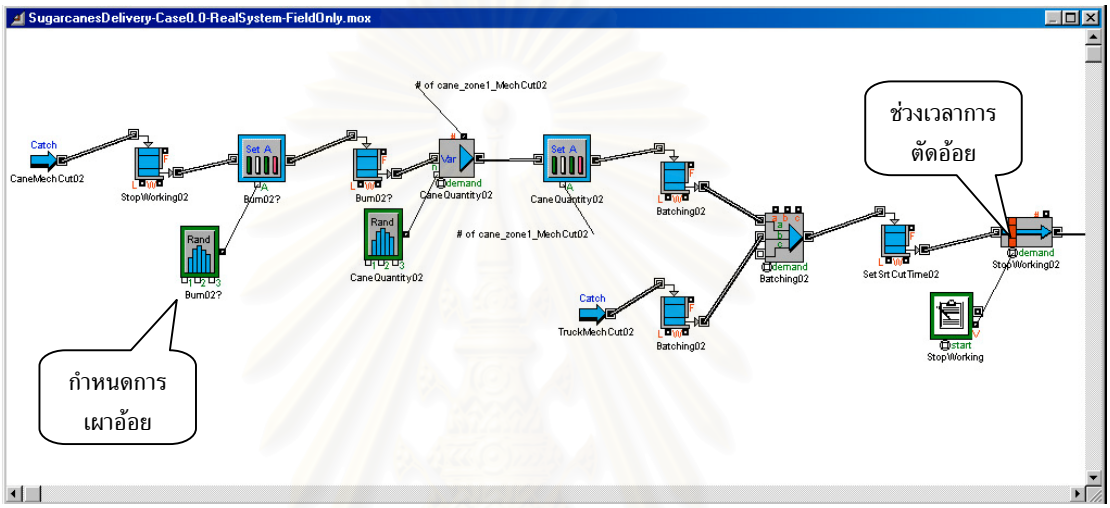


รูปที่ 4.6 ตารางกำหนดปริมาณอ้อยที่จะทำการตัดในแต่ละวัน

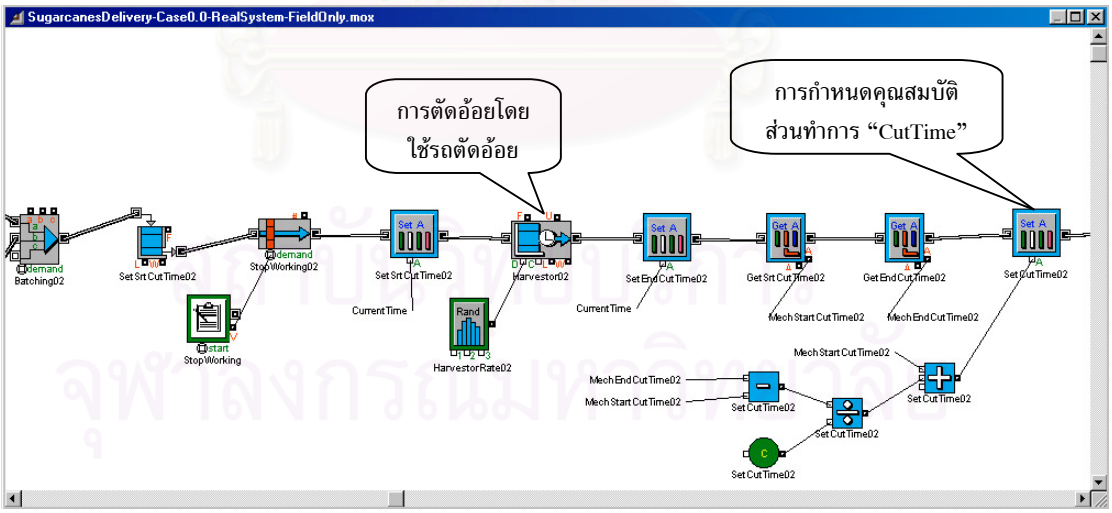
2. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งส่วนที่ 2 เป็นส่วนของกิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้รถตัดอ้อยโดยมีส่วนประกอบของแบบจำลอง ดังรูปที่ 4.7 ถึง 4.10 ส่วนทำการ “อ้อยหนึ่งคันรถ” ที่มาจากแบบจำลองส่วนที่ 1 ส่วนของการวางแผนการตัดที่ถูกกำหนดว่าให้ใช้รถตัดอ้อยในการตัดจะถูกกำหนดว่าจะทำการเผาอ้อยหรือไม่โดยค่าคุณสมบัติส่วนทำการ “Burn” จากนั้นเมื่อมีส่วนทำการ “รถบรรทุก” กลับมาจากโรงงานในแบบจำลองส่วนที่ 5 กิจกรรมการนำรถบรรทุกกลับมาที่ไร่ว่างและรถตัดอ้อยว่างพร้อมที่จะทำงาน ส่วนทำการ “รถบรรทุก” ก็จะเข้ามารวมกับส่วนทำการ “อ้อยหนึ่งคันรถ” เป็นส่วนทำการ “รถบรรทุกอ้อย” ซึ่งรถตัดอ้อยจะทำงานในช่วงเวลาที่กำหนดให้รถตัดอ้อยทำงานเท่านั้น จากนั้นจะมีการกำหนดสิทธิพิเศษให้ส่วนทำการ “รถบรรทุกอ้อย” ที่ขนอ้อยรถตัดให้สามารถเข้าไปชั่งน้ำหนักรถหนักได้ทันทีที่มีการเรียกรถให้เข้าไปชั่งน้ำหนักรถหนักในครั้งถัดไปโดยไม่ต้องรอคิวอยู่ที่ลานนอก เนื่องจากอ้อยที่ถูกตัดด้วยรถตัดอ้อยจะมีการเสื่อมคุณภาพที่สูงกว่าอ้อยที่ถูกตัดด้วยแรงงานคนตัดอ้อย แล้วส่วนทำการ “รถบรรทุกอ้อย” ก็จะเข้าสู่แบบจำลองส่วนที่ 4 กิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลต่อไป ในแบบจำลองส่วนนี้จะมีการเก็บค่าคุณสมบัติส่วนทำการ “CutTime” เพื่อใช้ในการหาค่าระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยด้วย



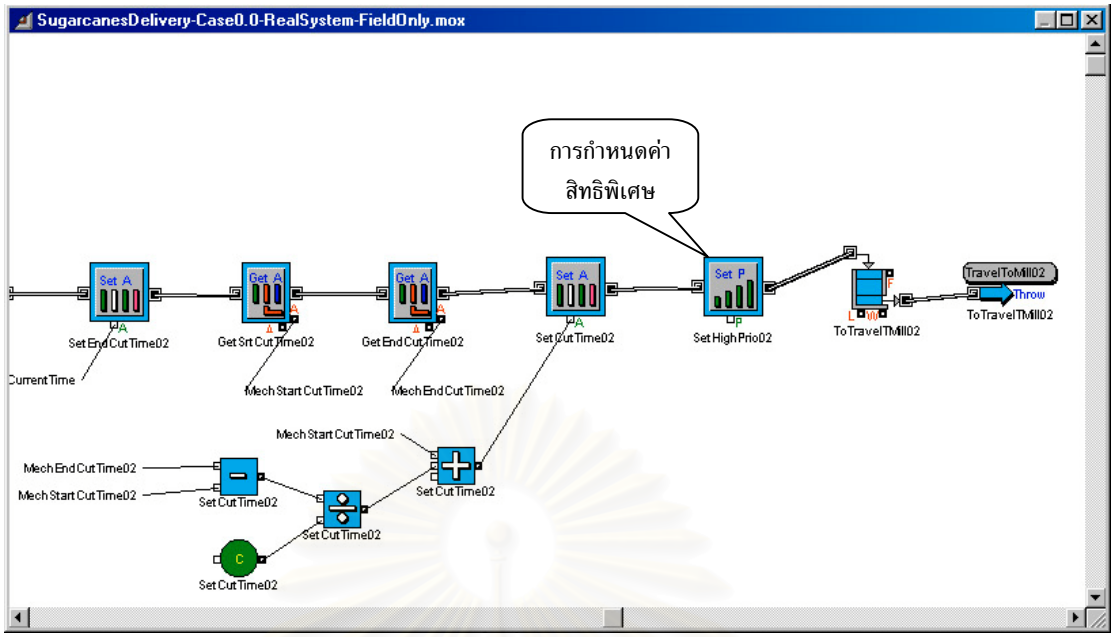
รูปที่ 4.7 แบบจำลองในส่วนของกิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้รถตัดอ้อย



รูปที่ 4.8 รายละเอียดของการตัดสินใจกำหนดการเผาอ้อย การกำหนดเวลาทำงานของรถตัด



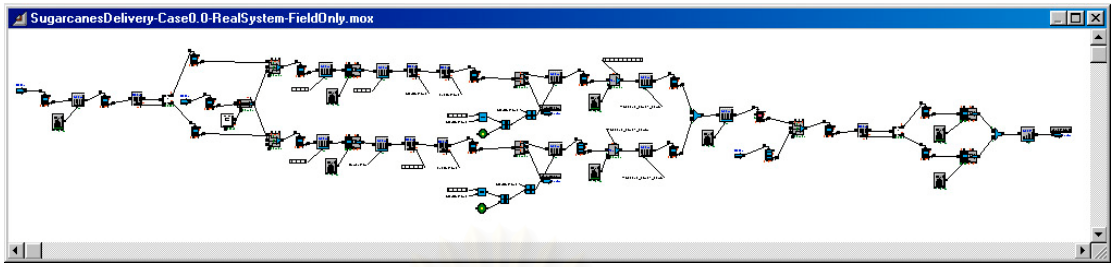
รูปที่ 4.9 รายละเอียดของการใช้รถตัดอ้อยตัดอ้อยแล้วบรรทุกลงในรถบรรทุกและการกำหนดค่าคุณสมบัติส่วนทำการ “CutTime” เพื่อใช้ในการหาระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย



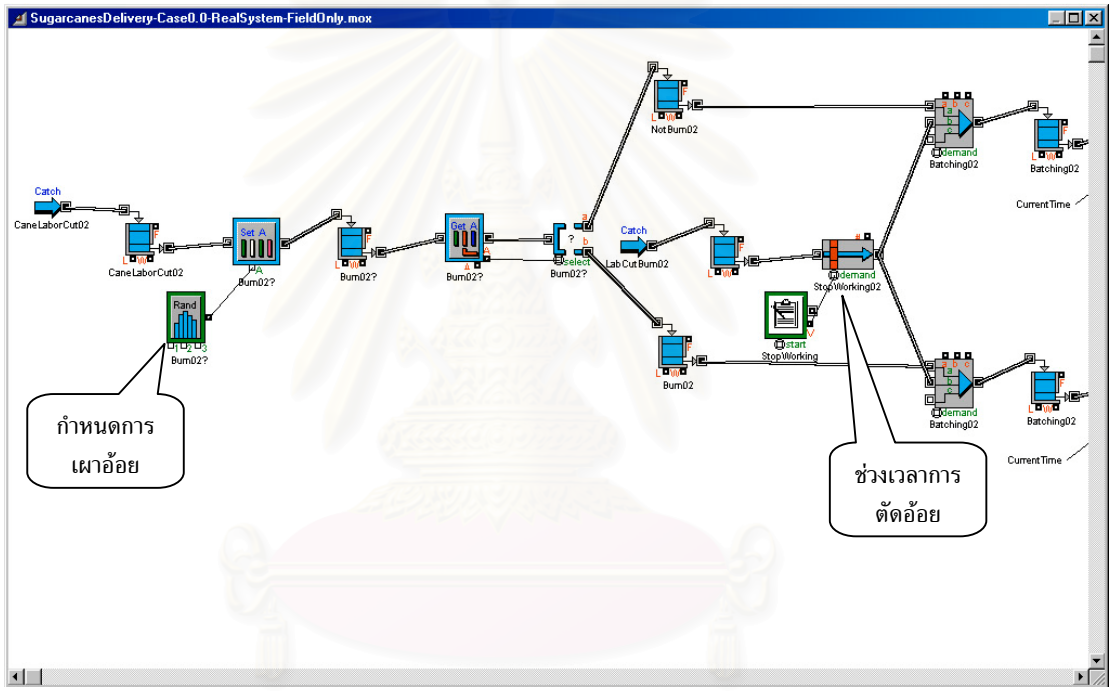
รูปที่ 4.10 รายละเอียดของการกำหนดค่าสิทธิพิเศษและการส่งส่วนทำการ “รถบรรทุกอ้อย” ไปยังแบบจำลองส่วนที่ 4 กิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล

3. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งส่วนที่ 3 เป็นส่วนของกิจกรรมการตัดอ้อย โดยใช้แรงงานคนตัดโดยมีส่วนประกอบของแบบจำลอง ดังรูปที่ 4.11 ถึง 4.15 ส่วนทำการ “อ้อยหนึ่งคันรถ” ที่มาจากแบบจำลองส่วนที่ 1 ส่วนของการวางแผนการตัดที่ถูกกำหนดว่าให้ใช้แรงงานคนในการตัดจะถูกกำหนดว่าจะทำการเผาอ้อยหรือไม่ จากนั้นส่วนทำการ “แรงงานคนตัดอ้อย” จากแบบจำลองส่วนที่ 6 ทรัพยากรแรงงานคนตัดอ้อยจะมารับส่วนทำการ “อ้อยหนึ่งคันรถ” เพื่อทำกิจกรรมการตัดอ้อยด้วยอัตราการตัดอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ที่ไม่เท่ากัน โดยที่กิจกรรมการตัดอ้อยจะกระทำได้เฉพาะช่วงเวลาที่กำหนดไว้เท่านั้น เมื่อกิจกรรมการตัดอ้อยสิ้นเสร็จลง ส่วนทำการ “แรงงานคนตัดอ้อย” ก็จะแยกจากส่วนทำการ “อ้อยหนึ่งคันรถ” เพื่อไปรับส่วนทำการ “อ้อยหนึ่งคันรถ” ตัวอื่นเพื่อกระทำกิจกรรมการตัดอ้อยต่อไป ส่วนทำการ “อ้อยหนึ่งคันรถ” ที่ทำกิจกรรมการตัดอ้อยเสร็จสิ้นแล้ว เมื่อแยกออกจากส่วนทำการ “แรงงานคนตัดอ้อย” ก็จะเข้าสู่กิจกรรมการขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกทันทีที่มีส่วนทำการ “รถบรรทุก” ว่างอยู่ในไร่ และชุดแรงงานขึ้นอ้อยหรือรถคีบอ้อยว่างพร้อมที่จะทำงานก็จะมีการขนอ้อยขึ้นสู่รถบรรทุก นั่นคือ รวมส่วนทำการ “อ้อยหนึ่งคันรถ” เข้ากับส่วนทำการ “รถบรรทุก” กลายเป็นส่วนทำการ “รถบรรทุกอ้อย” ซึ่งจะใช้แรงงานคนขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกหรือใช้รถคีบอ้อยขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกก็แล้วแต่การกำหนดไว้ในแบบจำลอง หลังจากส่วนทำการ “รถบรรทุกอ้อย” ทำกิจกรรมการขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกเสร็จสิ้นแล้วก็จะถูกตั้งค่าสิทธิพิเศษให้มีค่าต่ำกว่าส่วนทำการ “รถบรรทุกอ้อย” ที่ตัดโดยใช้รถตัดเนื่องจากอ้อยรถตัดจะมีการเสื่อมสภาพที่เร็วกว่าอ้อยคนตัด แล้วเข้าสู่แบบจำลองส่วนที่ 4 กิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลต่อไปในส่วน

นี้จะมีการเก็บค่าคุณสมบัติส่วนทำการ “CutTime” เพื่อใช้ในการหาค่าระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย

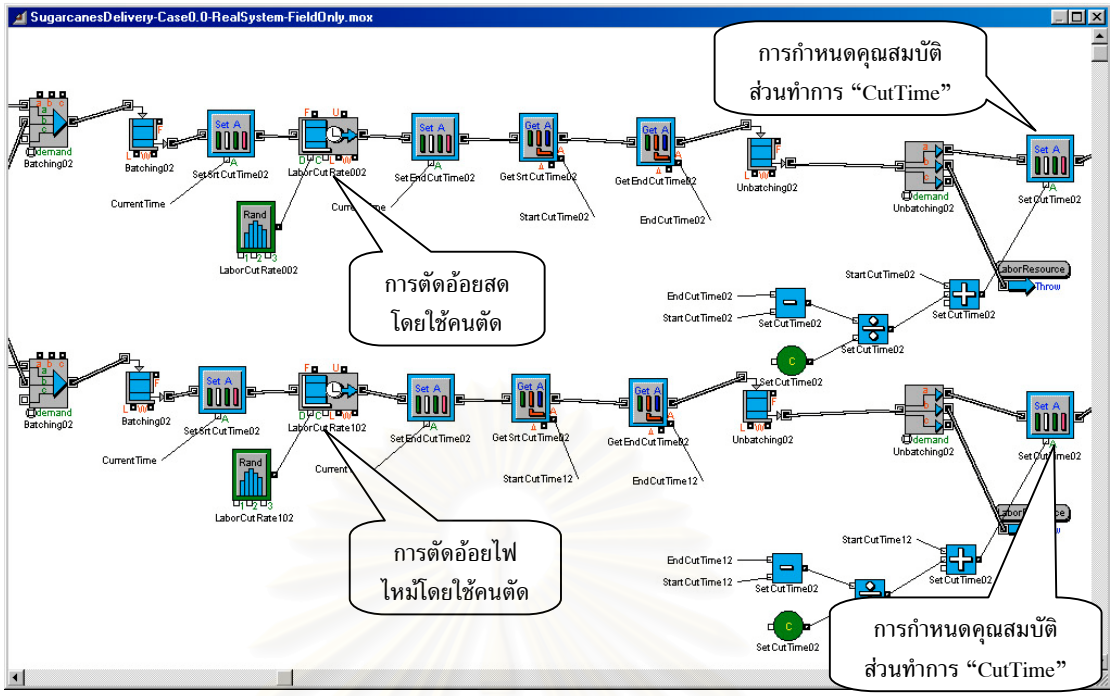


รูปที่ 4.11 แบบจำลองในส่วนของกิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้แรงงานคนตัดอ้อย

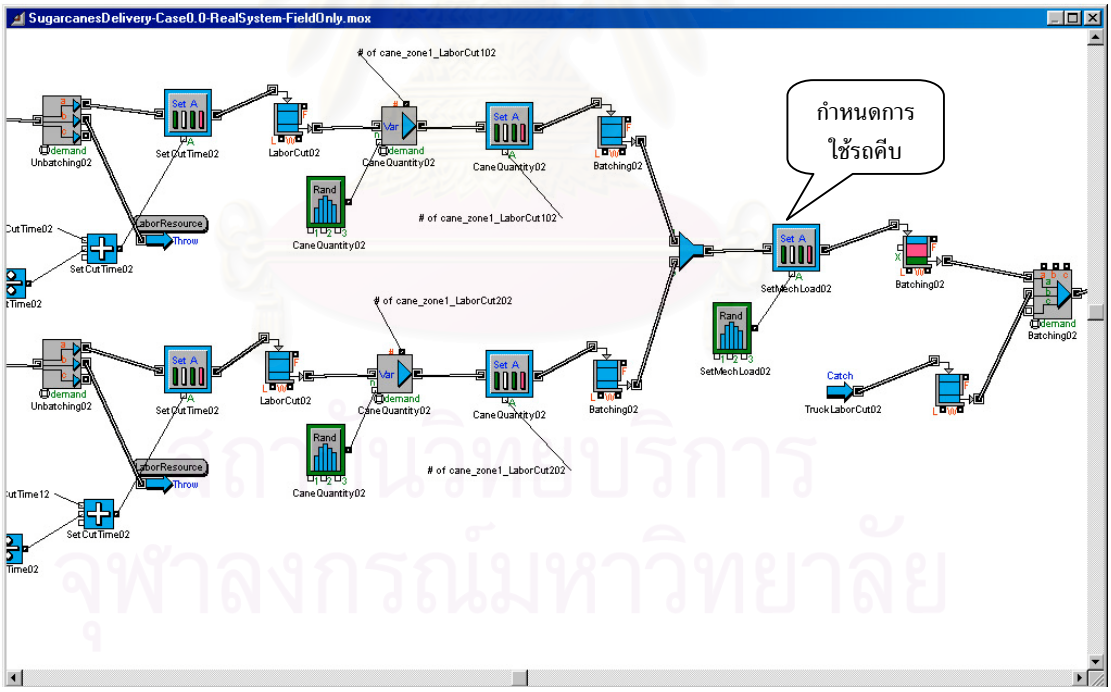


รูปที่ 4.12 รายละเอียดของการตัดสินใจกำหนดการเผาอ้อยและการกำหนดเวลาทำงานของส่วนทำการ “แรงงานคนตัดอ้อย”

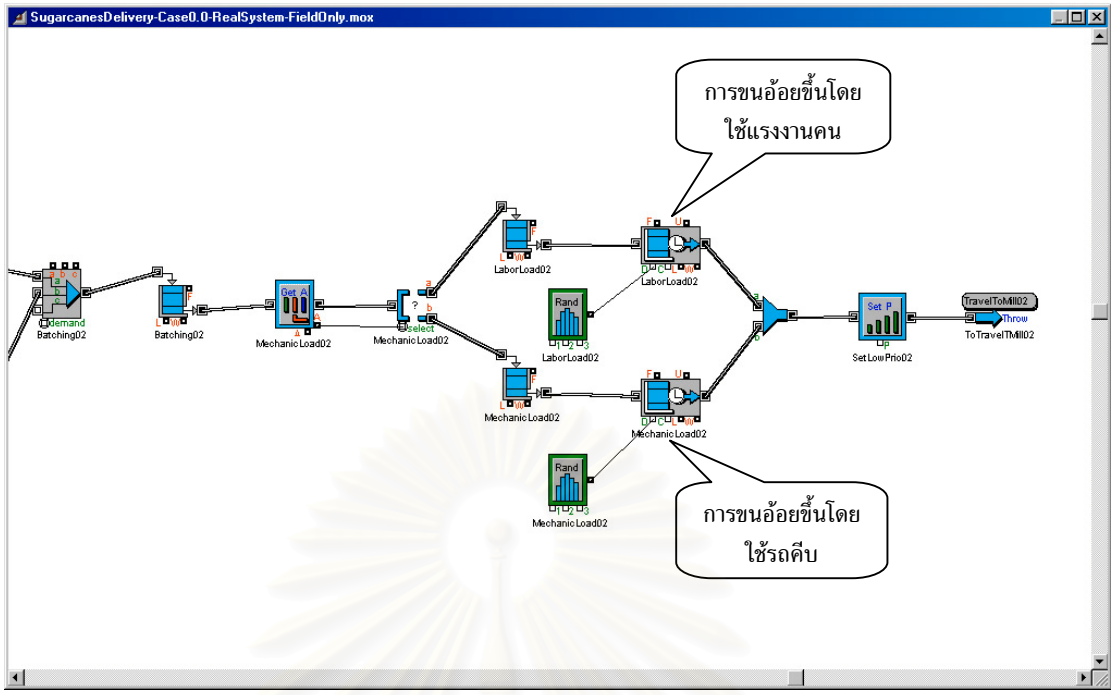
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.13 รายละเอียดของการตัดอ้อยโดยใช้แรงงานคนตัด การกำหนดค่าคุณสมบัติส่วนทำการ “CutTime” เพื่อใช้ในการหาระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย

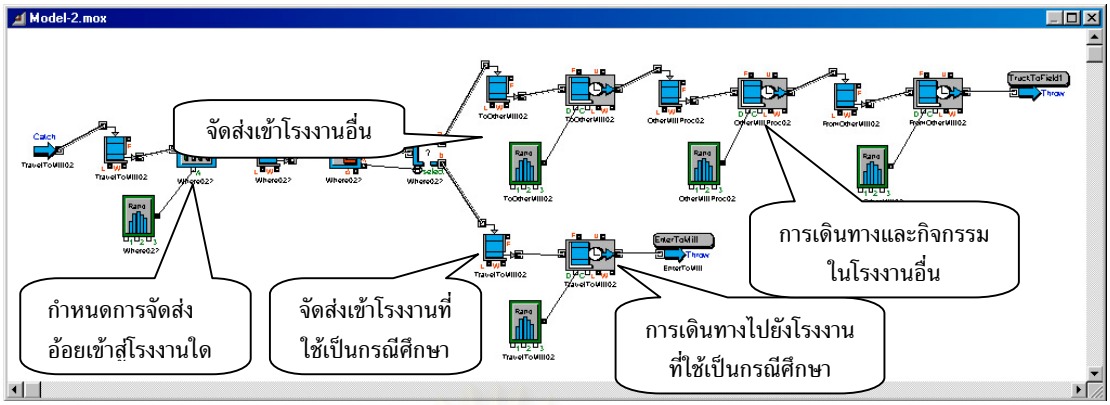


รูปที่ 4.14 รายละเอียดของการกำหนดการใช้รถคีบอ้อย



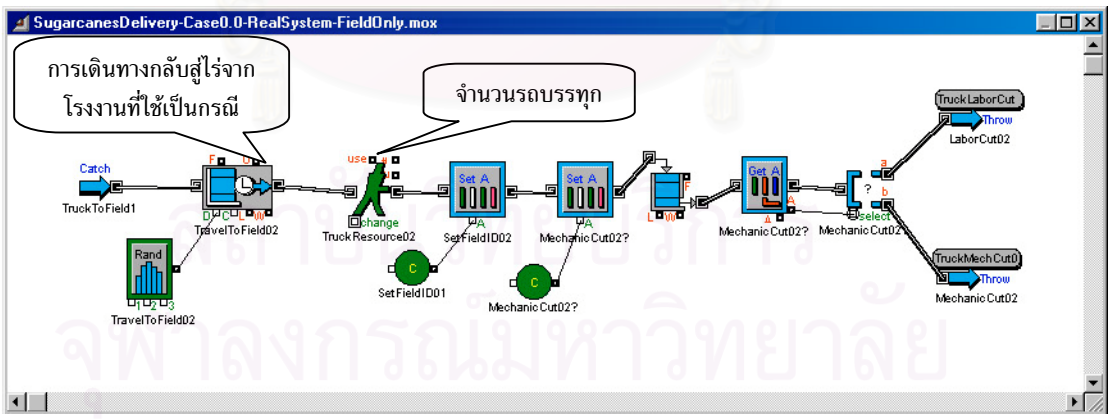
รูปที่ 4.15 รายละเอียดของการขึ้นอ้อยโดยใช้แรงงานคน การขนอ้อยขึ้นโดยใช้รถคีบ การกำหนดการไม่มีสิทธิพิเศษและการส่งส่วนทำการ “รถบรรทุกอ้อย” ไปยังแบบจำลองส่วนที่ 4 กิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล

4. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งส่วนที่ 4 เป็นส่วนของกิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล ในส่วนนี้จะรับส่วนทำการรถบรรทุกอ้อยซึ่งเป็นส่วนทำการรถบรรทุกรวมกับส่วนทำการอ้อยหนึ่งคันรถจากแบบจำลองส่วนที่ 2 กิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้รถตัดอ้อยและแบบจำลองส่วนที่ 3 กิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้แรงงานคนตัด จากนั้นส่วนทำการรถบรรทุกอ้อยจึงถูกเลือกว่าจะนำอ้อยไปส่งที่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาหรือโรงงานน้ำตาลอื่น เนื่องจากชาวไร่บางรายส่งอ้อยเข้าหลายโรงงานน้ำตาล ตามค่าความน่าจะเป็น “Where” ซึ่งเป็นค่าความน่าจะเป็นของการที่รถบรรทุกอ้อยจะเข้าโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาหรือโรงงานน้ำตาลอื่น ถ้าส่วนทำการรถบรรทุกอ้อยถูกกำหนดว่าให้เข้าโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ส่วนทำการรถบรรทุกอ้อยก็จะถูกกำหนดให้ทำกิจกรรมการเดินทางจากไร่เข้าสู่โรงงานตามระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากจากไร่เข้าสู่โรงงานที่กำหนดให้แล้วถูกส่งต่อไปยังแบบจำลองในส่วนของโรงงานน้ำตาลต่อไป แต่ถ้าหากส่วนทำการรถบรรทุกอ้อยถูกกำหนดว่าให้เข้าโรงงานน้ำตาลอื่น ส่วนทำการรถบรรทุกอ้อยก็จะต้องทำกิจกรรมการเดินทางจากไร่เข้าสู่โรงงานอื่น กิจกรรมต่าง ๆในโรงงานน้ำตาลอื่น และกิจกรรมการเดินทางจากโรงงานอื่นกลับสู่ไร่ตามระยะเวลาของกิจกรรมต่าง ๆ ที่กำหนดโดยความน่าจะเป็นของกิจกรรมนั้น ๆ ส่วนประกอบของแบบจำลองในส่วนนี้แสดงดังรูปที่ 4.16



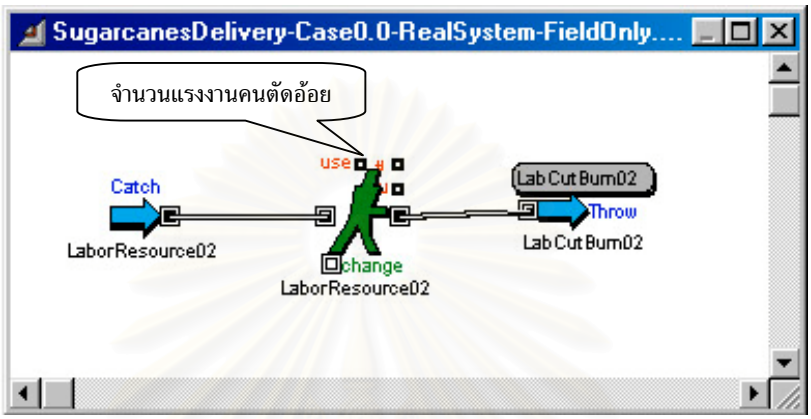
รูปที่ 4.16 แบบจำลองในส่วนของกิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล

5. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งส่วนที่ 5 เป็นส่วนของกิจกรรมการนำรถบรรทุกเปล่าจากโรงงานกลับไปยังไร่ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อรถบรรทุกที่ขนส่งอ้อยจากไร่นำอ้อยเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยที่โรงงานน้ำตาลเสร็จสิ้นแล้วจะกลับไปยังไร่เพื่อทำการบรรทุกและขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลอีกครั้ง โดยมีส่วนประกอบของแบบจำลอง ดังรูปที่ 4.17 ส่วนทำการ “รถบรรทุก” ที่ทำกิจกรรมในแบบจำลองในส่วนของโรงงานน้ำตาลสิ้นสุดแล้วจะถูกนำกลับมายังไร่โดยผ่านทางแบบจำลองส่วนที่ 5 กิจกรรมการนำรถบรรทุกเปล่าจากโรงงานกลับไปยังไร่นี้ แล้วส่วนทำการ “รถบรรทุก” จะถูกกำหนดว่าจะให้ไปบรรทุกอ้อยที่ตัดจากรถตัดอ้อยหรือแรงงานคนตัดอ้อยในแบบจำลองส่วนที่ 2 และแบบจำลองส่วนที่ 3 ตามลำดับ ตามค่าคุณสมบัติของส่วนทำการ “MechanicCut” ที่กำหนดไว้



รูปที่ 4.17 แบบจำลองในส่วนของกิจกรรมการนำรถบรรทุกเปล่าจากโรงงานกลับไปยังไร่

6. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งส่วนที่ 6 เป็นส่วนของทรัพยากรแรงงานคนตัดอ้อยซึ่งจะใช้ในการตัดทั้งอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ ส่วนทำการ “แรงงานคนตัดอ้อย” จะเข้าไปแบบจำลองส่วนที่ 3 กิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้แรงงานคนตัดเพื่อเข้าไปทำกิจกรรมการตัดอ้อยเมื่อมีส่วนทำการ “อ้อยหนึ่งคันรถ” โดยมีส่วนประกอบของแบบจำลอง ดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 แบบจำลองในส่วนของทรัพยากรแรงงานคนตัดอ้อย

โดยสรุปแล้ว แบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลมีส่วนทำการซึ่งเป็นองค์ประกอบต่าง ๆ ในระบบที่เราสนใจจะศึกษาอยู่ 4 ตัว คือ

1. ส่วนทำการ “อ้อยหนึ่งคันรถ” เป็นส่วนทำการที่ถูกสร้างขึ้นมาตามแผนการตัดอ้อยที่วางเอาไว้ในแต่ละวันในแบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งส่วนที่ 1 การวางแผนการตัดอ้อย ดังรูปที่ 4.6 และจะถูกส่งไปยังแบบจำลองส่วนที่ 2 กิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้รถตัดอ้อย หรือแบบจำลองส่วนที่ 3 กิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้แรงงานคนตัดตามค่าคุณสมบัติส่วนทำการ “MechanicCut” ซึ่งเป็นตัวกำหนดว่าจะใช้รถตัดอ้อยในการตัดอ้อยหรือไม่ ส่วนทำการ “อ้อยหนึ่งคันรถ” จะใช้แทนอ้อยปริมาณหนึ่งคันรถซึ่งจะมีน้ำหนักเท่ากับ 19.7 ตันสำหรับอ้อยคนตัด และเท่ากับ 16.5 ตันสำหรับอ้อยรถตัดโดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของปริมาณอ้อยที่รถบรรทุกขนได้ต่อเที่ยว
2. ส่วนทำการ “รถบรรทุก” เป็นส่วนทำการที่ทำหน้าที่ขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล เมื่อเริ่มทำการประมวลผลส่วนทำการ “รถบรรทุก” จะอยู่ในแบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งส่วนที่ 5 กิจกรรมการนำรถบรรทุกเปล่าจากโรงงานกลับไปยังไร่ จากนั้นส่วนทำการ “รถบรรทุก” จะถูกส่งไปยังแบบจำลองส่วนที่ 2 กิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้รถตัดอ้อย หรือแบบจำลองส่วนที่ 3 กิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้แรงงานคนตัดตามค่าคุณสมบัติส่วนทำการ “MechanicCut” ซึ่งเป็นตัวกำหนดว่าจะใช้รถตัดอ้อยในการตัดอ้อยหรือไม่ เมื่อส่วนทำ “การรถบรรทุก” ถูกส่งไปยังแบบจำลองส่วนที่ 2 หรือแบบจำลองส่วนที่ 3 จะถูกรวมกับส่วนทำการ “อ้อยหนึ่งคันรถ” กลายเป็นส่วนทำการ “รถบรรทุกอ้อย” แล้วถูกส่งไปยังแบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่ง

ส่วนที่ 4 กิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลและเข้าสู่แบบจำลองในส่วนของโรงงานน้ำตาลเพื่อนำอ้อยเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยต่อไป

3. ส่วนทำการ “รถบรรทุกอ้อย” เป็นส่วนทำการที่เกิดจากการรวมกันของส่วนทำการ “อ้อยหนึ่งคันรถ” กับส่วนทำการ “รถบรรทุก” ส่วนทำการ “รถบรรทุกอ้อย” เมื่อทำกิจกรรมแบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งส่วนที่ 4 กิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลจะถูกส่งไปยังแบบจำลองในส่วนโรงงานน้ำตาลเพื่อทำกิจกรรมต่าง ๆ และเมื่อถึงกิจกรรมการเทอ้อยเพื่อเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย ส่วนทำการ “รถบรรทุกอ้อย” จะถูกแยกออกเป็นส่วนทำการ “อ้อยหนึ่งคันรถ” และส่วนทำการ “รถบรรทุก” ส่วนทำการ “รถบรรทุก” จะกระทำกิจกรรมที่เหลือต่อและจะถูกส่งกลับมายังในแบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งส่วนที่ 5 ตามค่าคุณสมบัติของส่วนทำการ “FieldID” เพื่อเตรียมการรวบรวมอ้อยขึ้นรถในครั้งต่อไป
4. ส่วนทำการ “แรงงานคนตัดอ้อย” เป็นส่วนทำการที่ทำให้กิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้แรงงานคนตัดดำเนินการได้ ส่วนทำการนี้จะอยู่ในแบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งส่วนที่ 6 ทรัพยากรแรงงานคนตัดอ้อยซึ่งจะถูกส่งไปยังแบบจำลองส่วนที่ 3 กิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้แรงงานคนตัด เพื่อทำกิจกรรมการตัดอ้อย โดยที่ส่วนทำการ “แรงงานคนตัดอ้อย” 1 หน่วยจะใช้แทนทีมงานคนตัดอ้อยจำนวนทีมละ 20 คน

ส่วนทำการ “อ้อยหนึ่งคันรถ” ส่วนทำการ “รถบรรทุก” และส่วนทำการ “รถบรรทุกอ้อย” จะมีค่าคุณสมบัติของส่วนทำการต่าง ๆเพื่อกำหนดการทำงานในแบบจำลอง คุณสมบัติของส่วนทำการทั้งสามแสดงดังตารางที่ 4.1 ถึง 4.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของส่วนทำการ “อ้อยหนึ่งคันรถ”

คุณสมบัติของส่วนทำการ	รายละเอียด
Burn	กำหนดการเผาอ้อย (0 คือ ไม่เผา, 1 คือ เผา)
CutTime	เวลาที่ทำการตัดอ้อย (ใช้ในการคำนวณหาความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย)
MechanicCut	กำหนดการใช้รถตัดอ้อย (0 คือ เก็บเกี่ยวอ้อยด้วยแรงงานคน, 1 คือ เก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อย)
MechanicLoad	กำหนดการใช้รถคีบอ้อย (0 คือ ขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกด้วยแรงงานคน, 1 คือ ขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกด้วยรถคีบอ้อย)

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติของส่วนทำการ “รถบรรทุก”

คุณสมบัติของส่วนทำการ	รายละเอียด
FieldID	หมายเลขไร่ (ใช้ในการอ้างอิงเพื่อส่งรถบรรทุกกลับมาที่ไร่)
MechanicCut	กำหนดส่งรถบรรทุกไปรับอ้อยที่ตัดแบบต่าง ๆ (0 คือ ส่งรถบรรทุกไปรับอ้อยที่ตัดโดยใช้แรงงานคนตัด, 1 คือ ส่งรถบรรทุกไปรับอ้อยที่ตัดโดยใช้รถตัดอ้อย)

ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติของส่วนทำการ “รถบรรทุกอ้อย”

คุณสมบัติของส่วนทำการ	รายละเอียด
CutTime	เวลาที่ทำการตัดอ้อย (ใช้ในการคำนวณหาความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย)
CycleTimeInMill	ระยะเวลาที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาล
MechanicLoad	กำหนดการใช้รถคีบอ้อย (0 คือ ขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกด้วยแรงงานคน, 1 คือ ขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกด้วยรถคีบอ้อย)

โดยทั่วไปแล้วชาวไร่ที่ขอเปิดโควตานำอ้อยมาส่งโรงงานในแต่ละปีมีมากกว่าเจ็ดร้อยราย การที่จะใช้แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งแทนกิจกรรมภายในไร่และการขนส่งของชาวไร่แต่ละรายจะทำให้แบบจำลองมีขนาดที่ใหญ่มากจนเกินไปส่งผลกระทบต่อเวลาในการประมวลผลที่จะยาวนานมาก นอกจากนี้การรวบรวมข้อมูลของชาวไร่แต่ละรายให้ละเอียดจะต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายที่สูงมาก ดังนั้นจึงแบ่งกลุ่มของชาวไร่ตามเขตส่งเสริมของโรงงานซึ่งในปัจจุบันมีเขตส่งเสริมจำนวน 5 เขต เนื่องจากความเหมาะสมในด้านการใช้ทรัพยากรร่วมกัน ได้แก่ รถตัดอ้อย รถคีบอ้อย แรงงานคนตัดอ้อย และแรงงานคนขึ้นอ้อย นอกจากนี้ยังแบ่งย่อยออกไปอีกตามลักษณะการใช้เครื่องมือเครื่องจักร คือ ชาวไร่ที่ใช้รถตัดอ้อยในการตัดอ้อย และชาวไร่ที่ใช้แรงงานคนขึ้นอ้อย เนื่องจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าชาวไร่ที่ใช้รถตัดอ้อยจะไม่ใช้แรงงานคนตัดอ้อยเพิ่ม ซึ่งกลุ่มชาวไร่ของกรณีศึกษานี้มีอยู่กลุ่มหนึ่งที่มีการใช้รถตัดอ้อย ดังนั้นจึงมีจำนวนแบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งทั้งสิ้น 6 แบบจำลองซึ่งเป็นตัวแทนของลักษณะการใช้เครื่องมือเครื่องจักรที่ต่างกันของพื้นที่เขตส่งเสริมต่าง ๆ ดังนี้

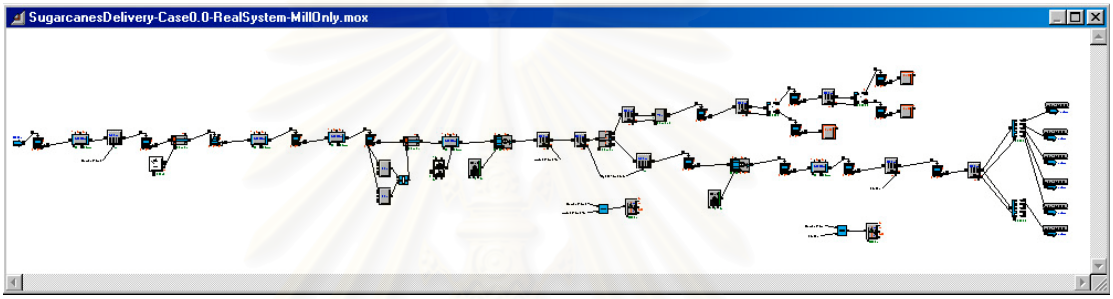
1. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งเขตส่งเสริมที่ 1
2. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งเขตส่งเสริมที่ 2 (อ้อยรถตัด)
3. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งเขตส่งเสริมที่ 2 (อ้อยคนตัด)
4. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งเขตส่งเสริมที่ 3

5. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งเขตส่งเสริมที่ 4

6. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งเขตส่งเสริมที่ 5

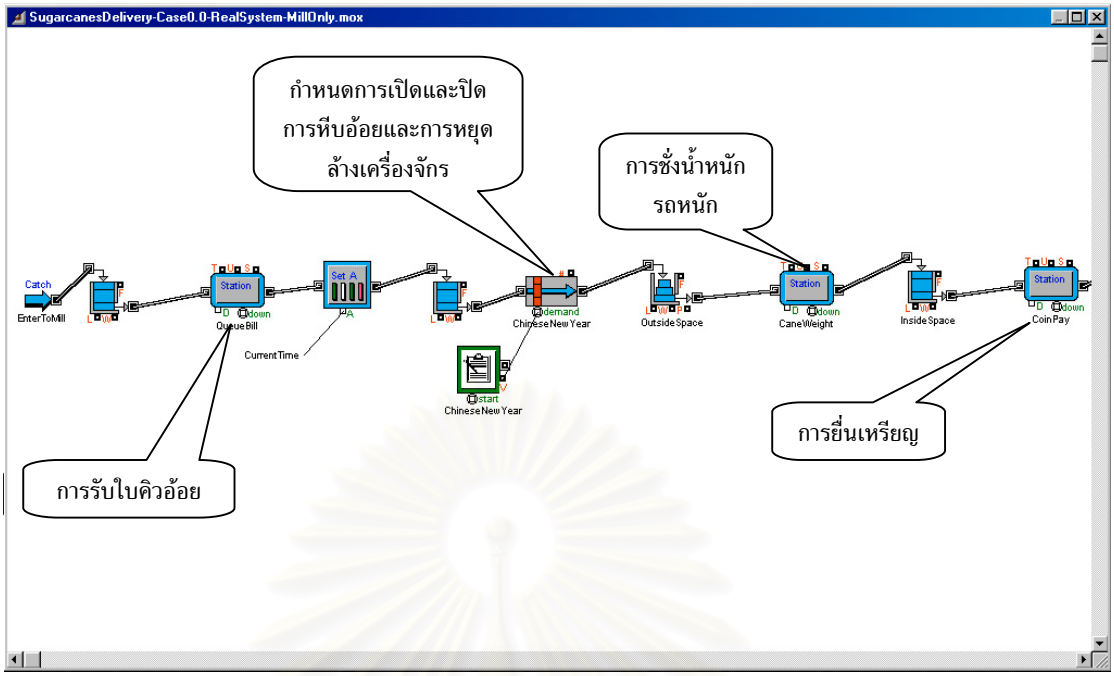
4.3.2 แบบจำลองในส่วนของโรงงานน้ำตาล

แบบจำลองในส่วนนี้จะเกี่ยวข้องกับกิจกรรมทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในโรงงานน้ำตาลซึ่งเริ่มจากกิจกรรมการรับใบคิวอ้อย กิจกรรมการชั่งน้ำหนักรถหนัก กิจกรรมการยื่นเหรียญ กิจกรรมการเทอ้อยเพื่อเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย กิจกรรมการนำอ้อยที่ค้างอยู่บนรถบรรทุกลงมา และกิจกรรมการชั่งน้ำหนักรถเบา โครงสร้างแบบจำลองในส่วนของโรงงานน้ำตาลแสดงดังรูปที่ 4.19 ขั้นตอนของกิจกรรมต่าง ๆ ภายในโรงงาน มีดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.19 แบบจำลองในส่วนของโรงงานน้ำตาล

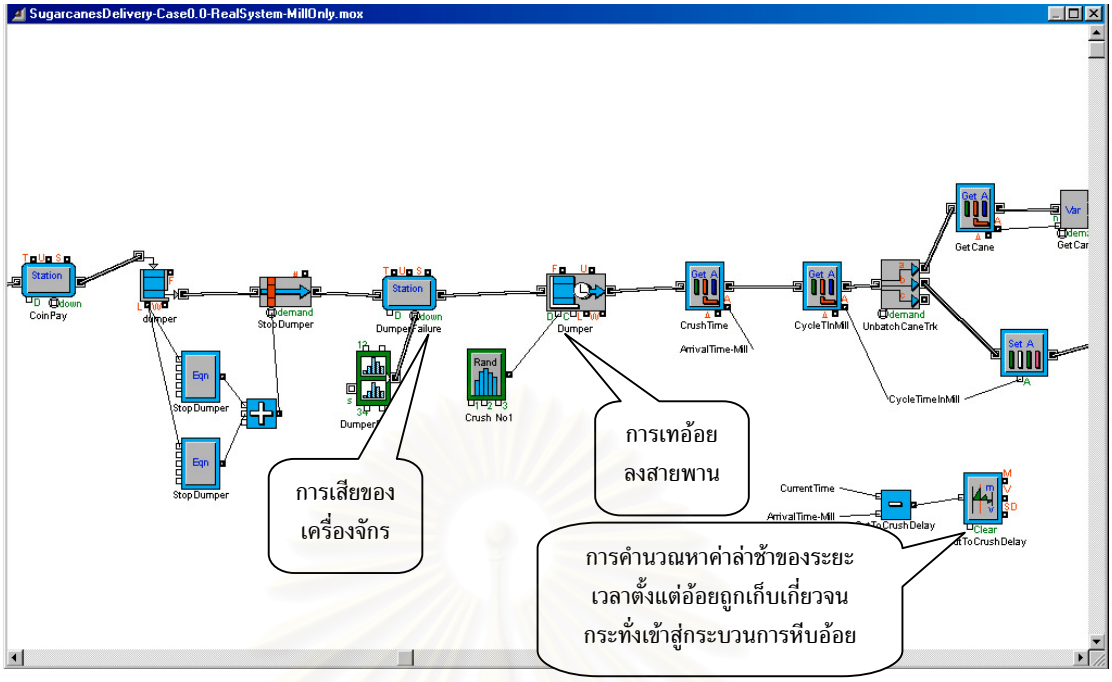
ส่วนทำการ “รถบรรทุกอ้อย” ที่มาจากแบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งส่วนที่ 4 กิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลเมื่อเข้ามาสู่แบบจำลองในส่วนโรงงานน้ำตาลก็จะต้องทำกิจกรรมการรับใบคิวอ้อย ยกเว้นในกรณีที่เข้ามาในช่วงวันที่โรงงานปิดเพื่อล้างเครื่องจักรในเทศกาลตรุษจีนจะเข้าไปภายในโรงงานไม่ได้ จากนั้นก็ต้องรอคิวอยู่ที่ลานนอกเพื่อทำการชั่งน้ำหนักรถหนักยกเว้นส่วนทำการรถบรรทุกอ้อยรถตัดที่ได้สิทธิพิเศษในการเข้าไปข้างในได้ทันทีที่มีการเรียกรถให้เข้าไปชั่งน้ำหนักรถหนักในครั้งถัดไปโดยไม่ต้องรอคิวอยู่ที่ลานนอก เมื่อชั่งน้ำหนักเสร็จแล้วส่วนทำการรถบรรทุกอ้อยก็จะรอคิวอยู่ที่ลานในเพื่อรอเรียกเข้าไปยื่นเหรียญ ในส่วนนี้มีบล็อกที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณหาระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ที่โรงงานด้วย รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 รายละเอียดของการหยุดล้างเครื่องจักร การรับใบคิวอ้อย การชั่งน้ำหนักรถหนัก การยื่นเหรียญ การคำนวณหาระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ที่โรงงาน

หลังจากยื่นเหรียญแล้วส่วนทำการ “รถบรรทุกอ้อย” จะเข้าไปรอเพื่อเทอ้อยลงสายพานลำเลียงเพื่อเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย เครื่องจักรที่ใช้ในส่วนนี้จะมีการเสียเกิดขึ้นด้วยทำให้ในบางครั้งทำให้ส่วนทำการ “รถบรรทุกอ้อย” ไม่สามารถเข้าไปเทอ้อยได้ต้องรอจนกระทั่งเครื่องจักรถูกซ่อมจนสามารถกลับมาทำงานได้อีกครั้ง นอกจากนี้ถ้ารถบรรทุกอ้อยขาดช่วงไปจะต้องรอให้มีรถบรรทุกอ้อยมาจำนวนหนึ่งเพื่อให้เพียงพอต่อการหีบในครั้งต่อไปลูกหีบถึงจะเริ่มทำงานอีกครั้ง เมื่อส่วนทำการ “รถบรรทุกอ้อย” เทอ้อยเข้าสู่สายพานลำเลียงเรียบร้อยแล้ว ส่วนทำการ “รถบรรทุก” กับส่วนทำการ “อ้อยหนึ่งคันรถ” ก็จะแยกออกจากกัน ณ จุดนี้เราจะทราบค่าความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยของส่วนทำการอ้อยหนึ่งตันนั้น รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.21

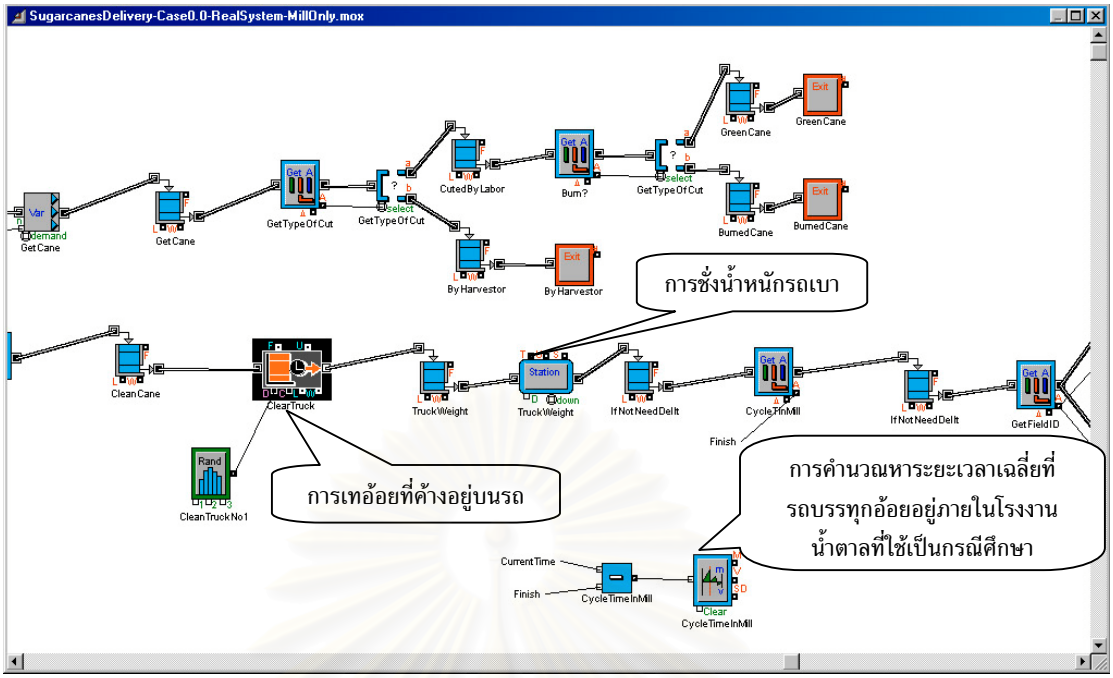
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



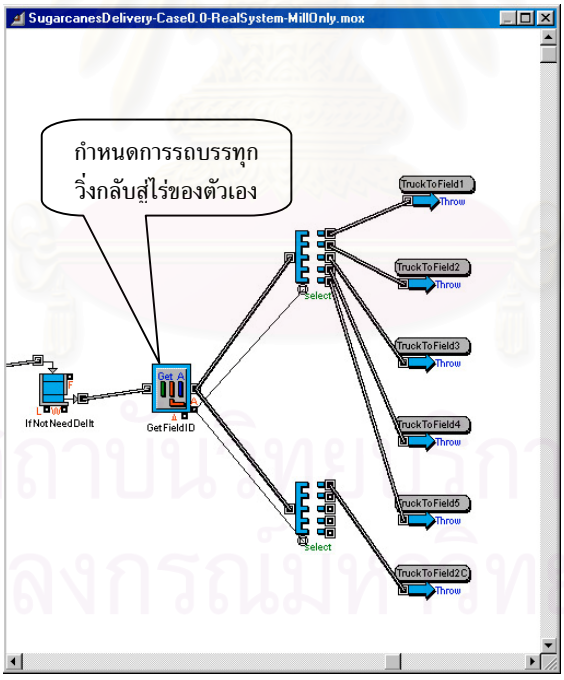
รูปที่ 4.21 รายละเอียดของการเข้ามาเทอ้อยของรถบรรทุกอ้อยที่ช่องเทอ้อย การเสียของเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการหีบอ้อย การกักรถบรรทุกอ้อยเพื่อให้มีรถเพียงพอในการเริ่มต้นหีบอ้อยอีกครั้งเมื่อรถขาดช่วงไปและการคำนวณหาค่าความล่าช้าเฉลี่ยของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย

เมื่อส่วนทำการ “รถบรรทุก” แยกออกจากส่วนทำการ “อ้อยหนึ่งคันรถ” แล้ว ส่วนทำการ “รถบรรทุก” ก็จะทำกิจกรรมนำอ้อยที่ค้างอยู่บนรถบรรทุกลงมาแล้วเข้าชั่งน้ำหนักรถเบา ซึ่ง ณ จุดนี้จะได้ค่าระยะเวลาที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงาน รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.22 และรถบรรทุกเปล่าจะถูกกำหนดให้วิ่งกลับสู่ไร่ตัวเองอีกครั้งตามค่าคุณสมบัติของส่วนทำการ “FieldID” เพื่อบรรทุกอ้อยมาส่งโรงงานต่อไป รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.23

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



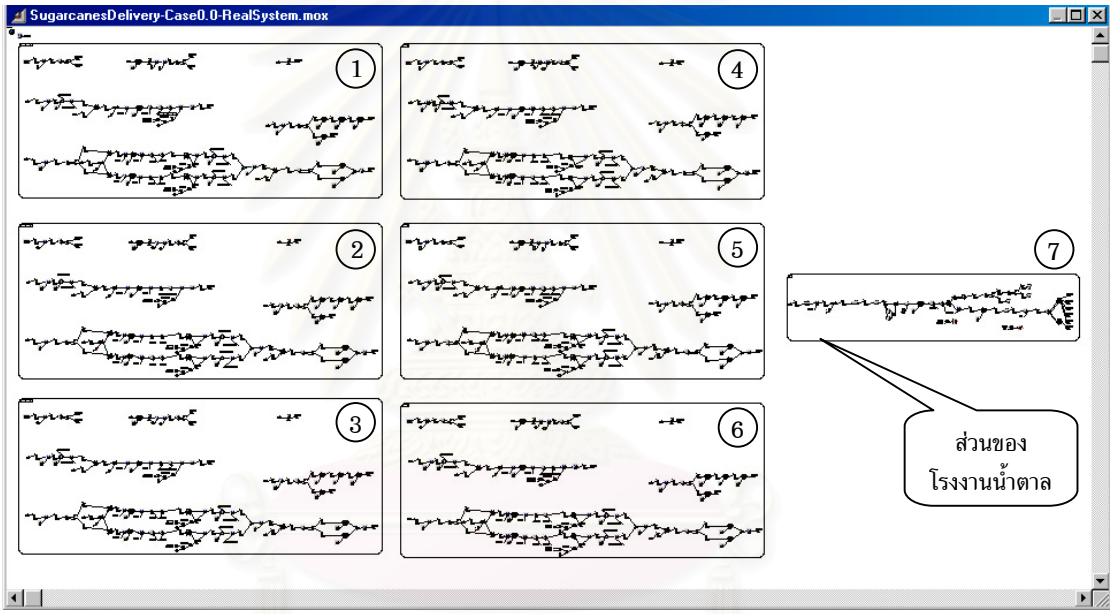
รูปที่ 4.22 รายละเอียดของการเทอ้อยที่ค้างอยู่บนรถบรรทุกลงมา การชั่งน้ำหนักรถเบา และการคำนวณหาค่าระยะเวลาเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา



รูปที่ 4.23 รายละเอียดของการกำหนดให้รถบรรทุกเปล่าวิ่งกลับสู่ไร่ตัวเอง

เมื่อสร้างแบบจำลองและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเบื้องต้นครบทั้งสองส่วนแล้วจึงนำเอาแบบจำลองย่อยทั้งหมดมารวมกันเป็นแบบจำลองที่สมบูรณ์ซึ่งเป็นตัวแทนของทั้งระบบได้ แสดงดังรูปที่ 4.24 อันประกอบไปด้วย

1. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งเขตส่งเสริมที่ 1
2. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งเขตส่งเสริมที่ 2 (อ้อยรถตัด)
3. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งเขตส่งเสริมที่ 2 (อ้อยคนตัด)
4. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งเขตส่งเสริมที่ 3
5. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งเขตส่งเสริมที่ 4
6. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งเขตส่งเสริมที่ 5
7. แบบจำลองในส่วนของโรงงานน้ำตาล



รูปที่ 4.24 แบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลทั้งระบบ

แบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นมาจำเป็นต้องผ่านการตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแบบจำลองสถานการณ์จึงจะสร้างความมั่นใจให้กับผู้ใช้แบบจำลองได้ว่า แบบจำลองนั้นสามารถเป็นตัวแทนของระบบจริงได้ ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปในบทที่ 6

4.4 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการสร้างและพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยมีสาระสำคัญ ดังต่อไปนี้

1. หลักการสร้างแบบจำลองจะสร้างแบบจำลองอย่างง่าย ๆ ก่อนแล้วจึงค่อย ๆเพิ่มองค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อให้แบบจำลองมีความซับซ้อนขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งสามารถเป็น

ตัวแทนของระบบจริงได้ และจะกระทำไปควบคู่กับการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง

2. สมมติฐานหลักของแบบจำลองประกอบไปด้วย

   - เวลาของกิจกรรมการเผาอ้อยจะไม่ถูกนำมากล่าวถึงในแบบจำลองเนื่องจากไม่มีผลกระทบกับกิจกรรมการเก็บเกี่ยวอ้อย
   - ในการวิเคราะห์จะใช้การวิเคราะห์เป็นกลุ่มชาวไร่โดยแบ่งกลุ่มตามเขตส่งเสริมที่มี 5 เขตและแบ่งเขตพิเศษออกมาอีกกลุ่มเนื่องจากใช้รถตัดอ้อย ดังนั้นจึงมีจัดกลุ่มชาวไร่เป็น 6 กลุ่ม
   - ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนแรงงาน เครื่องจักรและรถบรรทุกที่ใช้ในแต่ละไร่ตลอดฤดูหีบ
   - เวลาการเริ่มตัดอ้อยจะเริ่มต้นและสิ้นสุดที่เวลาที่แน่นอนทุกวันในแต่ละไร่
   - ระยะทางจากไร่ไปสู่โรงงานเป็นระยะทางเฉลี่ยของพื้นที่ไร่ที่ชาวไร่รายนั้นเก็บเกี่ยวทั้งหมด
   - ข้อมูลที่ในการสร้างและทดสอบแบบจำลองข้อมูลของฤดูหีบอ้อย 2545/2546

3. ขอบเขตของแบบจำลองครอบคลุมตั้งแต่กิจกรรมการเก็บเกี่ยวอ้อย กิจกรรมการขึ้นอ้อย กิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล กิจกรรมการนำอ้อยเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยที่โรงงาน จนกระทั่งถึงการนำรถบรรทุกกลับไปที่ไร่

4. แบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลสร้างโดยใช้โปรแกรม “Extend”

5. แบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามความละเอียดของการเข้าถึงข้อมูล คือ แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่ง และแบบจำลองในส่วนของโรงงานน้ำตาล

6. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งประกอบไปด้วยแบบจำลองย่อย 6 ส่วน ดังนี้

   - ส่วนที่ 1 แบบจำลองในส่วนของการวางแผนการตัดอ้อย
   - ส่วนที่ 2 แบบจำลองในส่วนของกิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้รถตัดอ้อย

- ส่วนที่ 3 แบบจำลองในส่วนของกิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้แรงงานคนตัดอ้อย
- ส่วนที่ 4 แบบจำลองในส่วนของกิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล
- ส่วนที่ 5 แบบจำลองในส่วนของกิจกรรมการนำรถบรรทุกเปล่าจากโรงงานกลับไปยังไร่
- ส่วนที่ 6 แบบจำลองในส่วนของทรัพยากรแรงงานคนตัดอ้อย

7. แบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาล ประกอบไปด้วยส่วนทำการ 4 อย่าง คือ ส่วนทำการ “อ้อยหนึ่งคันรถ” ส่วนทำการ “รถบรรทุก” ส่วนทำการ “รถบรรทุกอ้อย” และส่วนทำการ “แรงงานคนตัดอ้อย”

8. จำนวนแบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งมีทั้งสิ้น 6 แบบจำลองซึ่งเป็นตัวแทนของลักษณะการใช้เครื่องมือเครื่องจักรที่ต่างกันของพื้นที่เขตส่งเสริมต่าง ๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์

บทนี้กล่าวถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาล การเก็บรวบรวมข้อมูลจะกระทำไปพร้อมกับการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ซ้ำไปซ้ำมาจนกว่าแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้มานั้นสามารถใช้แทนระบบจริงได้และครอบคลุมวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ทั้งหมดดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว เนื่องจากระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลเป็นระบบที่ใหญ่และมีความซับซ้อนสูง ซึ่งประกอบไปด้วยกิจกรรมต่าง ๆมากมายทั้งของชาวไร่ กิจกรรมด้านการขนส่งจนกระทั่งขบวนการผลิตของโรงงานน้ำตาล ดังนั้นจึงมีข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์เป็นจำนวนมาก แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1. ข้อมูลองค์ประกอบของระบบ
2. ข้อมูลเวลาของแต่ละเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น
3. ข้อมูลขอบเขตจำกัด
4. ข้อมูลอื่นที่มีผลกระทบต่อระบบ

การเก็บข้อมูลองค์ประกอบของระบบ ข้อมูลขอบเขตจำกัด และข้อมูลอื่นที่มีผลกระทบกับระบบกระทำด้วยการสัมภาษณ์หรือจากการสังเกตจากระบบจริง แต่การเก็บข้อมูลเวลาของแต่ละเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจะใช้การจับเวลา

Banks และคณะ (2000) การพัฒนาข้อมูลเวลาของแต่ละเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นที่เก็บมาได้ก่อนนำไปใช้ในแบบจำลองสถานการณ์ว่าจำเป็นต้องหารูปแบบการกระจายตัวและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆก่อนใส่ไปในแบบจำลองสถานการณ์ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เก็บรวบรวมข้อมูลจากระบบจริง
2. ระบุถึงรูปแบบการกระจายตัวของข้อมูล
3. เลือกค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดลักษณะของรูปแบบการกระจายตัวของข้อมูล
4. ประเมินรูปแบบการกระจายตัวของข้อมูลและค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องเพื่อทดสอบการสาระรูปสนิทดี (Goodness-of-Fit)

การเก็บข้อมูลนอกจากข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์ยังมีข้อมูลอีกประเภทหนึ่งที่จำเป็นต้องเก็บรวบรวมเพื่อใช้ในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองสถานการณ์

(Validation) เพื่อให้ผู้ใช้แบบจำลองสถานการณ์มีความเชื่อมั่นว่าแบบจำลองสถานการณ์สามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนของระบบจริงได้ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ ข้อมูลระยะเวลาที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานเป็นข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองสถานการณ์โดยจะกล่าวอย่างละเอียดในบทถัดไป

รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์จะกล่าวตามโครงสร้างของแบบจำลองสถานการณ์ คือ ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์ในส่วนของไร่และการขนส่ง และข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์ในส่วนของโรงงานน้ำตาล โดยมีรายละเอียดของแต่ละข้อมูลดังต่อไปนี้

5.1 ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์ในส่วนของไร่และการขนส่ง

ฤดูกาลเก็บเกี่ยวอ้อย 2545/2546 ของประเทศไทย เริ่มประมาณเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 สำหรับชาวไร่ที่จัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาเริ่มทำการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2545 จนกระทั่งโรงงานปิดหีบ คือ วันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2546

แบบจำลองสถานการณ์ในส่วนของไร่และการขนส่งประกอบไปด้วยแบบจำลองย่อย 6 ส่วน ได้แก่

- ส่วนที่ 1 แบบจำลองในส่วนของการวางแผนการตัดอ้อย
- ส่วนที่ 2 แบบจำลองในส่วนของกิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้รถตัดอ้อย
- ส่วนที่ 3 แบบจำลองในส่วนของกิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้แรงงานคนตัดอ้อย
- ส่วนที่ 4 แบบจำลองในส่วนของกิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล
- ส่วนที่ 5 แบบจำลองในส่วนของกิจกรรมการนำรถบรรทุกเปล่าจากโรงงานกลับไปยังไร่
- ส่วนที่ 6 แบบจำลองในส่วนของทรัพยากรแรงงานคนตัดอ้อย

โดยมีรายละเอียดของข้อมูลแต่ละแบบจำลองย่อย ดังนี้

5.1.1 ข้อมูลของแบบจำลองในส่วนของการวางแผนการตัดอ้อย

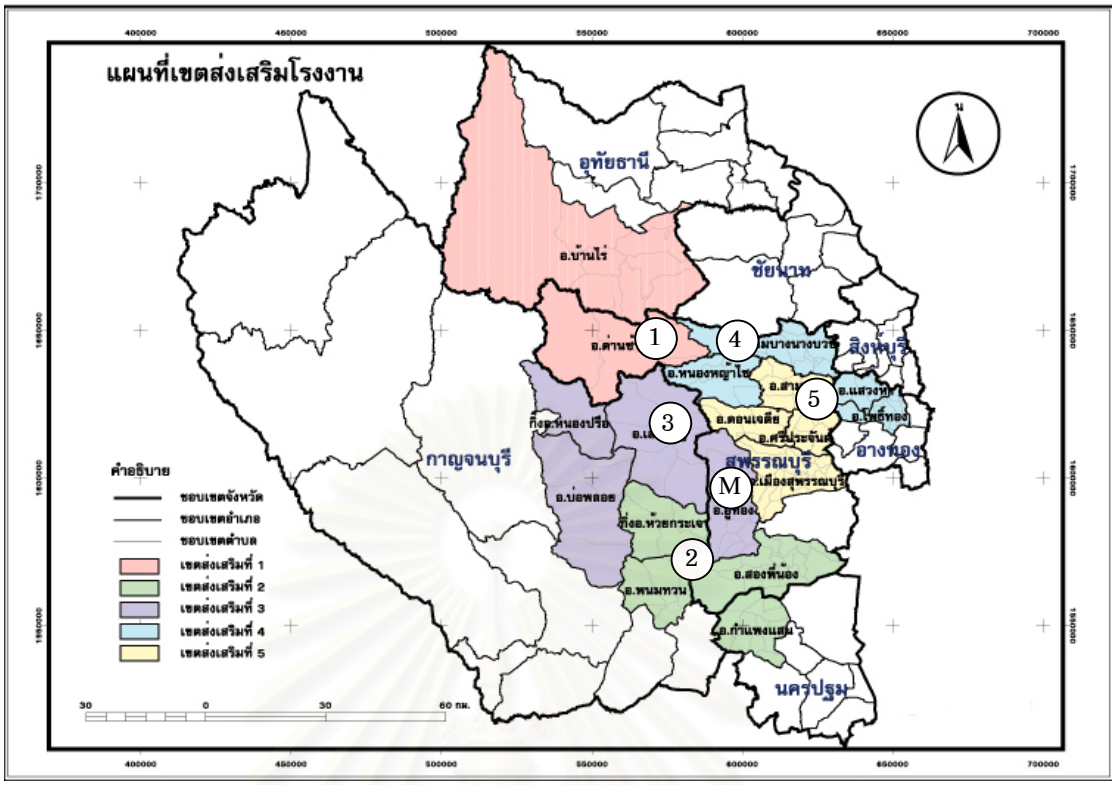
ข้อมูลของแบบจำลองในส่วนของการวางแผนการตัดอ้อย คือ ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันของแต่ละพื้นที่เขตส่งเสริมแสดงดังรูปที่ 5.1 และชนิดของรูปแบบการเก็บเกี่ยว ซึ่งประกอบไปด้วย

1. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งเขตส่งเสริมที่ 1
2. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งเขตส่งเสริมที่ 2 (อ้อยรถตัด)
3. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งเขตส่งเสริมที่ 2 (อ้อยคนตัด)
4. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งเขตส่งเสริมที่ 3
5. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งเขตส่งเสริมที่ 4
6. แบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งเขตส่งเสริมที่ 5

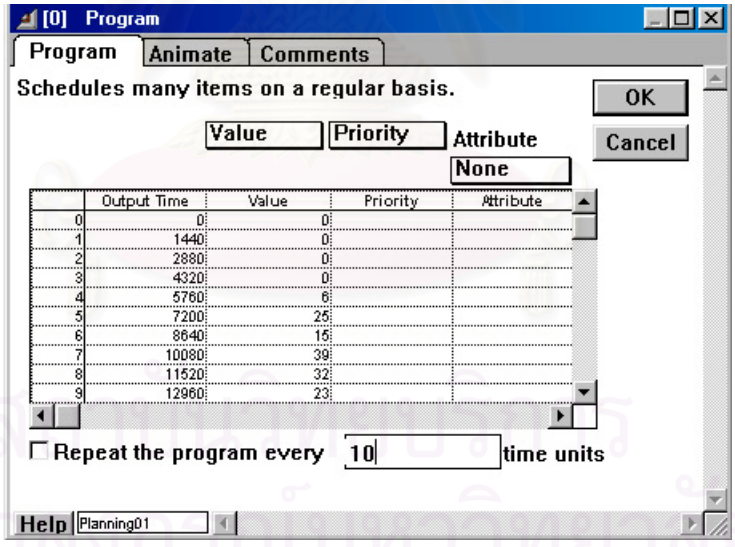
ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันของแต่ละพื้นที่เขตส่งเสริมและชนิดของรูปแบบการเก็บเกี่ยวจะอยู่ในรูปของจำนวนปริมาณอ้อยหนึ่งคันรถซึ่งจากการเก็บข้อมูลตลอดช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.7 ตันต่อคันสำหรับอ้อยคนตัด และ 16.5 ตันต่อคันสำหรับอ้อยรถตัด โดยปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันเป็นปริมาณอ้อยรวมที่ชาวไร่ในเขตพื้นที่ส่งเสริมนั้นจัดส่งให้กับโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาและโรงงานน้ำตาลอื่นด้วย

ชาวไร่ที่จัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาเริ่มทำการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2545 จนกระทั่งโรงงานปิดหีบ คือ วันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2546 ดังนั้นระยะเวลาในการจำลองสถานการณ์จึงเริ่ม ณ วันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2545 เวลา 0 นาฬิกา ซึ่งเป็นเวลาที่ 0 ของระยะเวลาในการจำลองสถานการณ์ในแบบจำลองสถานการณ์ และสิ้นสุดเมื่อโรงงานน้ำตาลได้หยุดการหีบ คือ วันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2546 เวลา 0 นาฬิกา 40 นาทีซึ่งเป็นเวลาที่ 194440 ของระยะเวลาในการจำลองสถานการณ์ในแบบจำลองสถานการณ์

ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันถูกใช้ในบล็อก “Planning” ของแต่ละพื้นที่เขตส่งเสริมและชนิดของรูปแบบการเก็บเกี่ยว ดังรูปที่ 5.2 และมีรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.1 ถึง ก.6



รูปที่ 5.1 แผนที่เขตส่งเสริมของโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา



รูปที่ 5.2 ตัวอย่างข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวัน

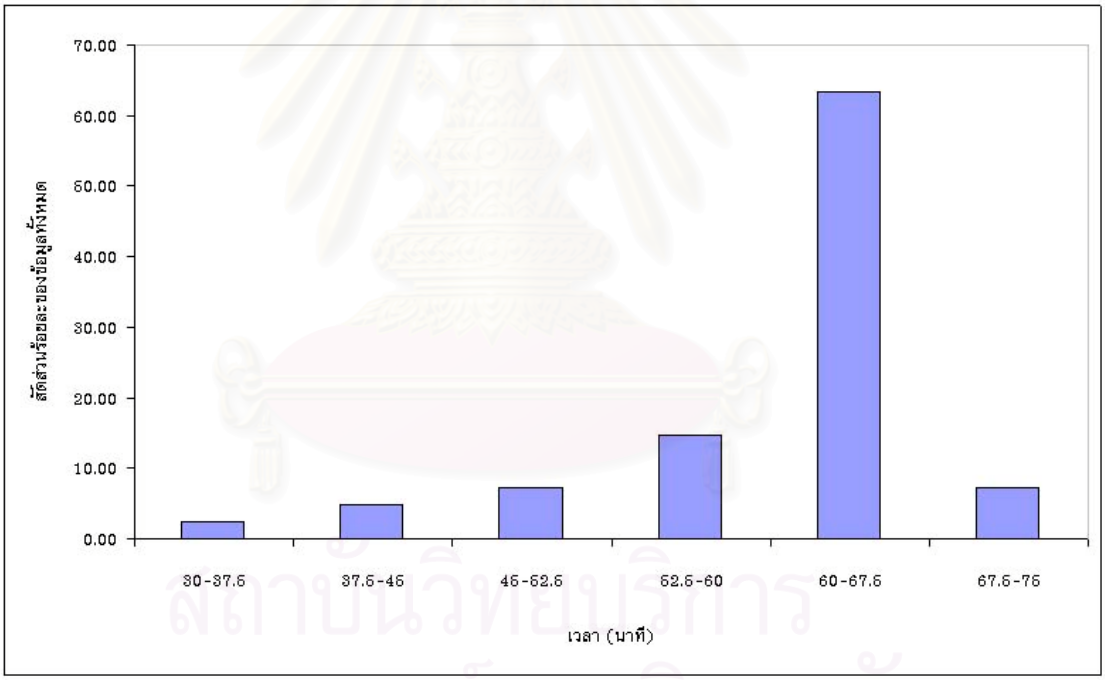
5.1.2 ข้อมูลของแบบจำลองในส่วนของกิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้รถตัดอ้อย

การตัดอ้อยโดยใช้รถตัดอ้อยกระทำกันเฉพาะในเขตส่งเสริมที่ 2 โดยมีจำนวนรถตัดอ้อยทั้งสิ้น 3 คัน ส่วนมากจะตัดอ้อยวันละ 10 ชั่วโมงในช่วงเวลา 7.00 นาฬิกา ถึง 17.00 นาฬิกา โดยอ้อยที่ตัดเกือบทั้งหมดจะเป็นอ้อยสด จากการสำรวจพบว่ารถตัดอ้อยใช้เวลาในการตัดอ้อยให้

ได้อ้อยเต็มรถหนึ่งคันซึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 16.5 ตันต่อคัน แสดงดังตารางที่ 5.1 และมีลักษณะการกระจายตัวแสดงดังรูปที่ 5.3 รายละเอียดของข้อมูลแสดงในภาคผนวก ข. ตารางที่ ข.1

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลเวลาที่รถตัดอ้อยใช้ในการตัดอ้อยให้ได้อ้อยเต็มคันรถ

เวลาที่รถตัดอ้อยใช้ในการตัดอ้อยให้ได้อ้อยเต็มคันรถ (นาที)	จำนวนข้อมูล	สัดส่วนร้อยละ	สัดส่วนร้อยละสะสม
30-37.5	1	2.44	2.44
37.5-45	2	4.88	7.32
45-52.5	3	7.32	14.64
52.5-60	6	14.63	29.27
60-67.5	26	63.41	92.68
67.5-75	3	7.32	100.00



รูปที่ 5.3 การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่รถตัดอ้อยใช้ในการตัดอ้อยให้ได้อ้อยเต็มคันรถ

จากการสำรวจข้อมูลพบว่าค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของเวลาที่รถตัดอ้อยใช้ในการตัดอ้อยให้ได้อ้อยเต็มคันรถมีค่าเท่ากับ 60.3 และ 8.1 นาทีตามลำดับ และจากรูปที่ 5.3 แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่รถตัดอ้อยใช้ในการตัดอ้อยให้ได้อ้อยเต็มคันรถมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) มากที่สุด

ลักษณะการกระจายตัวแบบปกติเป็นลักษณะการกระจายตัวแบบต่อเนื่อง (Continuous Distribution) และมีฟังก์ชันความหนาแน่น (Density Fucntion) ดังสมการที่ 5.1

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\Pi\sigma^2}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \qquad (5.1)$$

เมื่อ X = เวลาที่รถตัดอ้อยใช้ในการตัดอ้อยให้ได้อ้อยเต็มคันรถ (นาที)

μ = ค่าเฉลี่ยของเวลาที่รถตัดอ้อยใช้ในการตัดอ้อยให้ได้อ้อยเต็มคันรถ (นาที)

σ^2 = ค่าความแปรปรวนของเวลาที่รถตัดอ้อยใช้ในการตัดอ้อยให้ได้อ้อยเต็มคัน (นาที)

จากการพิจารณาข้อมูล สามารถเขียนรูปแบบการกระจายตัวของเวลาที่รถตัดอ้อยใช้ในการตัดอ้อยให้ได้อ้อยเต็มคันรถ ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวแบบปกติ ได้ดังสมการที่ 5.2

$$N(\mu, \sigma^2) = N(60.3, 8.1) \qquad (5.2)$$

เมื่อ N = ฟังก์ชันการกระจายตัวแบบปกติ

μ = ค่าเฉลี่ยของเวลาที่รถตัดอ้อยใช้ในการตัดอ้อยให้ได้อ้อยเต็มคันรถ (นาที)

σ^2 = ค่าความแปรปรวนของเวลาที่รถตัดอ้อยใช้ในการตัดอ้อยให้ได้อ้อยเต็มคัน (นาที)

การเปรียบเทียบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลที่สำรวจได้กับรูปแบบการกระจายตัวมาตรฐาน จะใช้การพิจารณาจากการทดสอบสาระรูปสนิทดี (Goodness-of-Fit) ใช้วิธีการทดสอบไคว์แสควร์ (Chi-square Test) ค่าไคว์แสควร์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.3 โดยมีสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

H_0 : เวลาที่รถตัดอ้อยใช้ในการตัดอ้อยให้ได้อ้อยเต็มคันรถมีการกระจายตัวแบบปกติ

H_1 : เวลาที่รถตัดอ้อยใช้ในการตัดอ้อยให้ได้อ้อยเต็มคันรถไม่ได้มีการกระจายตัวแบบปกติ

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(f_o - f_t)^2}{f_t} \qquad (5.3)$$

เมื่อ x^2 = ค่าไคว์แสควร์

f_0 = ความถี่ของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม

f_t = ความถี่ของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง

จากการคำนวณได้ค่าไคว์แสควร์เท่ากับ 2.3 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าไคว์แสควร์วิกฤตที่มีค่าเท่ากับ 11.1 (ระดับนัยสำคัญ (Level of Significance) เท่ากับ 0.05 และ องศาอิสระ (Degree of Freedom) เท่ากับ 5) แสดงว่า เวลาที่รถตัดอ้อยใช้ในการตัดอ้อยให้ได้อ้อยเต็มคันรถมีการกระจายตัวไม่แตกต่างกันกับการกระจายตัวแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญ

5.1.3 ข้อมูลของแบบจำลองในส่วนของกิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้แรงงานคนตัดอ้อย

ข้อมูลของแบบจำลองในส่วนของกิจกรรมการตัดอ้อยโดยใช้แรงงานคนตัดอ้อยประกอบไปด้วย ข้อมูลการตัดอ้อยโดยใช้แรงงานคนตัด ข้อมูลการขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกโดยใช้แรงงานคน และข้อมูลการขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกโดยใช้รถคีบอ้อย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1.3.1 ข้อมูลการตัดอ้อยโดยใช้แรงงานคนตัด

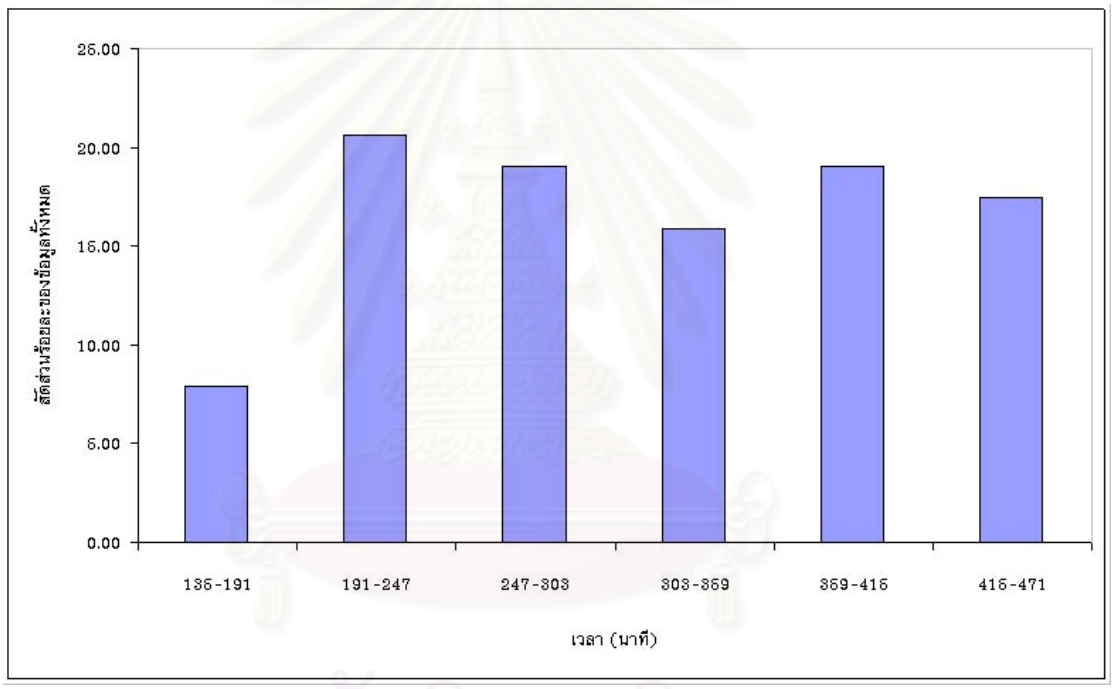
การตัดอ้อยโดยใช้แรงงานคนส่วนมากจะตัดอ้อยวันละ 10 ชั่วโมงในช่วงเวลา 7.00 นาฬิกา ถึง 17.00 นาฬิกา โดยมีปริมาณอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ของแต่ละเขตส่งเสริมที่จัดส่งเข้าโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 5.2 จากการสำรวจพบว่าแรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้เวลาในการตัดอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ให้ได้อ้อยเต็มรถหนึ่งคันซึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 19.7 ตันต่อคัน แสดงดังตารางที่ 5.3 และ 5.4 ตามลำดับ และมีลักษณะการกระจายตัวแสดงดังรูปที่ 5.4 และ 5.5 ตามลำดับ รายละเอียดของข้อมูล แสดงในภาคผนวก ค. ดังตารางที่ ค.1 และ ค.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.2 สัดส่วนปริมาณอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ของแต่ละเขตส่งเสริมที่จัดส่งเข้าโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

เขตส่งเสริม	ปริมาณอ้อยทั้งหมด (ตัน)	ปริมาณอ้อยสด (ตัน)	สัดส่วนร้อยละอ้อยสด	ปริมาณอ้อยไฟไหม้ (ตัน)	สัดส่วนร้อยละอ้อยไฟไหม้
1	70,457	26,984	38.3	43,472	61.7
2	536,640	297,459	55.4	239,180	44.6
3	740,281	539,054	72.8	201,227	27.2
4	204,188	3,942	1.9	200,245	98.1
5	36,768	19,742	53.7	17,026	46.3

ตารางที่ 5.3 ข้อมูลเวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยสดให้ได้อ้อยเต็มคันรถ

เวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยใช้ในการตัดอ้อยสดให้ได้อ้อยเต็มคันรถ (นาที)	จำนวนข้อมูล	สัดส่วนร้อยละ	สัดส่วนร้อยละสะสม
135-191	5	7.94	7.94
191-247	13	20.63	28.57
247-303	12	19.05	47.62
303-359	10	15.87	63.49
359-415	12	19.05	82.54
415-471	11	17.46	100.00



รูปที่ 5.4 การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยสดให้ได้อ้อยเต็มคันรถ

จากการสำรวจข้อมูลพบว่าเวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยสดให้ได้อ้อยเต็มคันรถมีค่าต่ำที่สุดและสูงที่สุดเท่ากับ 135 นาที และ 471 นาทีตามลำดับ จากรูปที่ 5.4 แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยสดให้ได้อ้อยเต็มคันรถมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution) มากที่สุด

ลักษณะการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์มเป็นลักษณะการกระจายตัวแบบต่อเนื่อง (Continuous Distribution) และมีฟังก์ชันความหนาแน่น (Density Fucntion) ดังสมการที่ 5.3

$$f(x) = \frac{1}{b-a} \qquad (5.3)$$

เมื่อ x = เวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยสดให้ได้อ้อยเต็มคันรถ (นาที)

a = เวลาต่ำที่สุดที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยสดให้ได้อ้อยเต็มคันรถ (นาที)

b = เวลาสูงที่สุดที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยสดให้ได้อ้อยเต็มคันรถ (นาที)

จากการพิจารณาข้อมูล สามารถเขียนรูปแบบการกระจายตัวของเวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยสดให้ได้อ้อยเต็มคันรถ ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม ได้ดังสมการที่ 5.4

$$U(a,b) = U(135,471) \qquad (5.4)$$

เมื่อ U = ฟังก์ชันการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม

a = เวลาต่ำที่สุดที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยสดให้ได้อ้อยเต็มคันรถ (นาที)

b = เวลาสูงที่สุดที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยสดให้ได้อ้อยเต็มคันรถ (นาที)

การเปรียบเทียบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลที่สำรวจได้กับรูปแบบการกระจายตัวมาตรฐาน จะใช้การพิจารณาจากการทดสอบสาระรูปสนิทดี (Goodness-of-Fit) ใช้วิธีการทดสอบไคว์แสควร์ (Chi-square Test) ค่าไคว์แสควร์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.3 โดยมีสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

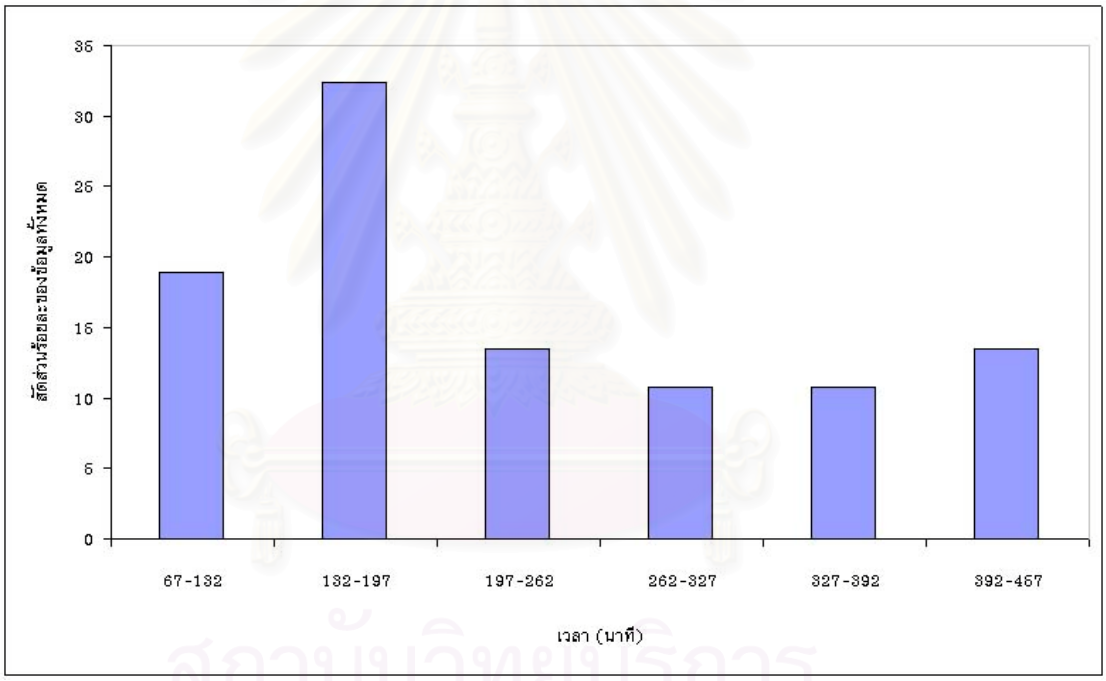
H_0 : เวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยสดให้ได้อ้อยเต็มคันรถมีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม

H_1 : เวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยสดให้ได้อ้อยเต็มคันรถไม่ได้มีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม

จากการคำนวณได้ค่าไคว์แสควร์เท่ากับ 4.0 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าไคว์แสควร์วิกฤตที่มีค่าเท่ากับ 11.1 (ระดับนัยสำคัญ (Level of Significance) เท่ากับ 0.05 และ องศาอิสระ (Degree of Freedom) เท่ากับ 5) แสดงว่า เวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยสดให้ได้อ้อยเต็มคันรถมีการกระจายตัวไม่แตกต่างกันกับการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์มอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 5.4 ข้อมูลเวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยไฟไหม้ให้ได้อ้อยเต็มคันรถ

เวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยใช้ในการตัดอ้อยไฟไหม้ให้ได้อ้อยเต็มคันรถ (นาที)	จำนวนข้อมูล	สัดส่วนร้อยละ	สัดส่วนร้อยละสะสม
67-132	7	18.92	18.92
132-197	12	32.43	51.35
197-262	5	13.52	64.87
262-327	4	10.81	75.68
327-392	4	10.81	86.49
392-457	5	13.51	100.00



รูปที่ 5.5 การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยไฟไหม้ให้ได้อ้อยเต็มคันรถ

จากการสำรวจข้อมูลพบว่าเวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยไฟไหม้ให้ได้อ้อยเต็มคันรถต่ำที่สุดและสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 67 นาที และ 457 นาทีตามลำดับ จากรูปที่ 5.5 แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยไฟไหม้ให้ได้อ้อยเต็มคันรถมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution) มากที่สุด

จากการพิจารณาข้อมูล สามารถเขียนรูปแบบการกระจายตัวเวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยไฟไหม้ให้ได้อ้อยเต็มคันรถ ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม ได้ดังสมการที่ 5.5

$$U(a,b) = U(67,457) \qquad (5.5)$$

เมื่อ U = ฟังก์ชันการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม

a = เวลาต่ำที่สุดที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยไฟไหม้ให้ได้อ้อยเต็มคันรถ (นาที)

b = เวลาสูงที่สุดที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยไฟไหม้ให้ได้อ้อยเต็มคันรถ (นาที)

การเปรียบเทียบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลที่สำรวจได้กับรูปแบบการกระจายตัวมาตรฐาน จะใช้การพิจารณาจากการทดสอบสาระรูปสนิทดี (Goodness-of-Fit) ใช้วิธีการทดสอบไคว์แสควร์ (Chi-square Test) ค่าไคว์แสควร์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.3 โดยมีสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

H_0 : เวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยไฟไหม้ให้ได้อ้อยเต็มคันรถมีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม

H_1 : เวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยไฟไหม้ให้ได้อ้อยเต็มคันรถไม่ได้มีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม

จากการคำนวณได้ค่าไคว์แสควร์เท่ากับ 6.5 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าไคว์แสควร์วิกฤตที่มีค่าเท่ากับ 11.1 (ระดับนัยสำคัญ (Level of Significance) เท่ากับ 0.05 และ องศาอิสระ (Degree of Freedom) เท่ากับ 5) แสดงว่า เวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยไฟไหม้ให้ได้อ้อยเต็มคันรถมีการกระจายตัวไม่แตกต่างกันกับการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์มอย่างมีนัยสำคัญ

5.1.3.2 ข้อมูลการขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกโดยใช้แรงงานคน

การขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกโดยใช้แรงงานคนหรือใช้รถคีบอ้อยเกือบทั้งหมดจะกระทำตลอด 24 ชั่วโมง กล่าวคือ เมื่อมีรถบรรทุกว่างที่ไร่และมีปริมาณอ้อยที่เพียงพอต่อการขนขึ้นรถบรรทุกเพื่อจัดส่งเข้าโรงงานน้ำตาลก็จะทำการขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกทันที โดยสัดส่วนการใช้แรงงานคนและรถคีบอ้อยในการขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกของแต่ละเขตส่งเสริมแสดงดังตารางที่ 5.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.5 สัดส่วนการใช้แรงงานคนและรถคีบอ้อยในการขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกของแต่ละเขตส่งเสริมเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

เขตส่งเสริม	ปริมาณอ้อยทั้งหมด (ตัน)	ปริมาณอ้อยที่ใช้แรงงานคนในการขนอ้อย (ตัน)	สัดส่วนร้อยละการใช้แรงงานคน	ปริมาณอ้อยที่ใช้รถคีบอ้อยในการขนอ้อย	สัดส่วนร้อยละการใช้รถคีบอ้อย (ตัน)
1	70,457	42,341	60.1	28,116	39.9
2	536,640	369,196	68.8	167,444	31.2
3	740,281	649,553	87.7	90,728	12.3
4	204,188	36,808	18.0	167,379	82.0
5	36,768	23,190	63.1	13,577	36.9

การขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกโดยแรงงานคนส่วนมากจะใช้คนงาน 6 คนต่อ 1 ทีมซึ่งจำนวนทีมงานคนขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกของแต่ละเขตส่งเสริมแสดงดังตารางที่ 5.6

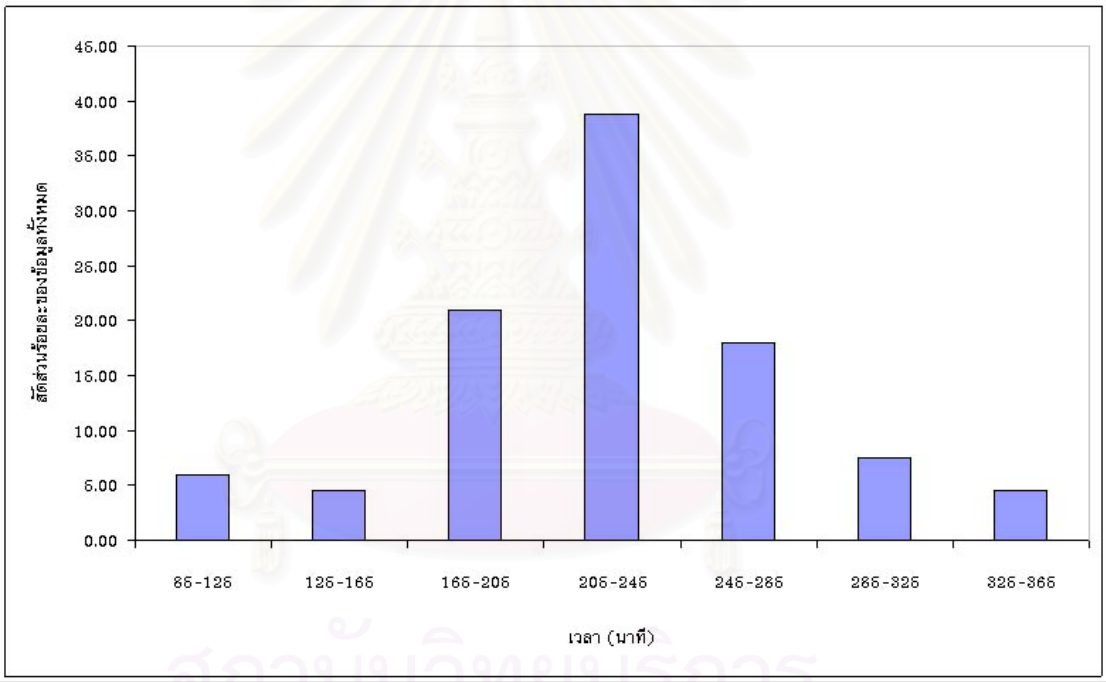
ตารางที่ 5.6 จำนวนทรัพยากรทีมงานคนขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกของแต่ละเขตส่งเสริม

เขตส่งเสริม	จำนวนทีมงานคนขนอ้อยขึ้นรถบรรทุก
1	23
2	181
3	299
4	12
5	21

จากการสำรวจพบว่าทีมงานขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกโดยใช้แรงงานคนใช้เวลาในการขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถซึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 19.7 ตันต่อคัน แสดงดังตารางที่ 5.7 และมีลักษณะการกระจายตัวแสดงดังรูปที่ 5.6 รายละเอียดของข้อมูลเวลาที่แรงงานคนขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถ แสดงในภาคผนวก ง. ดังตารางที่ ง.1

ตารางที่ 5.7 ข้อมูลเวลาที่แรงงานคนขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถ

เวลาที่แรงงานคนขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถ (นาที)	จำนวนข้อมูล	สัดส่วนร้อยละ	สัดส่วนร้อยละสะสม
85-125	4	5.97	5.97
125-165	3	4.48	10.45
165-205	14	20.89	31.34
205-245	26	38.81	70.15
245-285	12	17.91	88.06
285-325	5	7.46	95.52
325-365	3	4.48	100.00



รูปที่ 5.6 การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่แรงงานคนขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถ

จากการสำรวจข้อมูลพบว่าค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของเวลาที่รถตัดอ้อยใช้ในการตัดอ้อยให้ได้อ้อยเต็มคันรถมีค่าเท่ากับ 224.4 และ 54.2 นาทีตามลำดับ และจากรูปที่ 5.6 แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่แรงงานคนขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) มากที่สุด

จากการพิจารณาข้อมูล สามารถเขียนรูปแบบการกระจายตัวของเวลาที่แรงงานคนขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถ ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวแบบปกติ ได้ดังสมการที่ 5.6

$$N(\mu, \sigma^2) = N(224.4, 54.2) \qquad (5.6)$$

เมื่อ N = ฟังก์ชันการกระจายตัวแบบปกติ

μ = ค่าเฉลี่ยของเวลาที่แรงงานคนขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถ (นาที)

σ^2 = ค่าความแปรปรวนของเวลาที่แรงงานคนขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถ (นาที)

การเปรียบเทียบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลที่สำรวจได้กับรูปแบบการกระจายตัวมาตรฐาน จะใช้การพิจารณาจากการทดสอบสาระรูปสนิทดี (Goodness-of-Fit) ใช้วิธีการทดสอบไคว์แสควร์ (Chi-square Test) ค่าไคว์แสควร์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.3 โดยมีสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

H_0 : เวลาที่แรงงานคนขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถมีการกระจายตัวแบบปกติ

H_1 : เวลาที่แรงงานคนขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถไม่ได้มีการกระจายตัวแบบปกติ

จากการคำนวณได้ค่าไคว์แสควร์เท่ากับ 10.8 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าไคว์แสควร์วิกฤตที่มีค่าเท่ากับ 12.6 (ระดับนัยสำคัญ (Level of Significance) เท่ากับ 0.05 และ องศาอิสระ (Degree of Freedom) เท่ากับ 6) แสดงว่า เวลาที่แรงงานคนขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถมีการกระจายตัวไม่แตกต่างกันกับการกระจายตัวแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญ

5.1.3.3 ข้อมูลการขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกโดยใช้รถคีบอ้อย

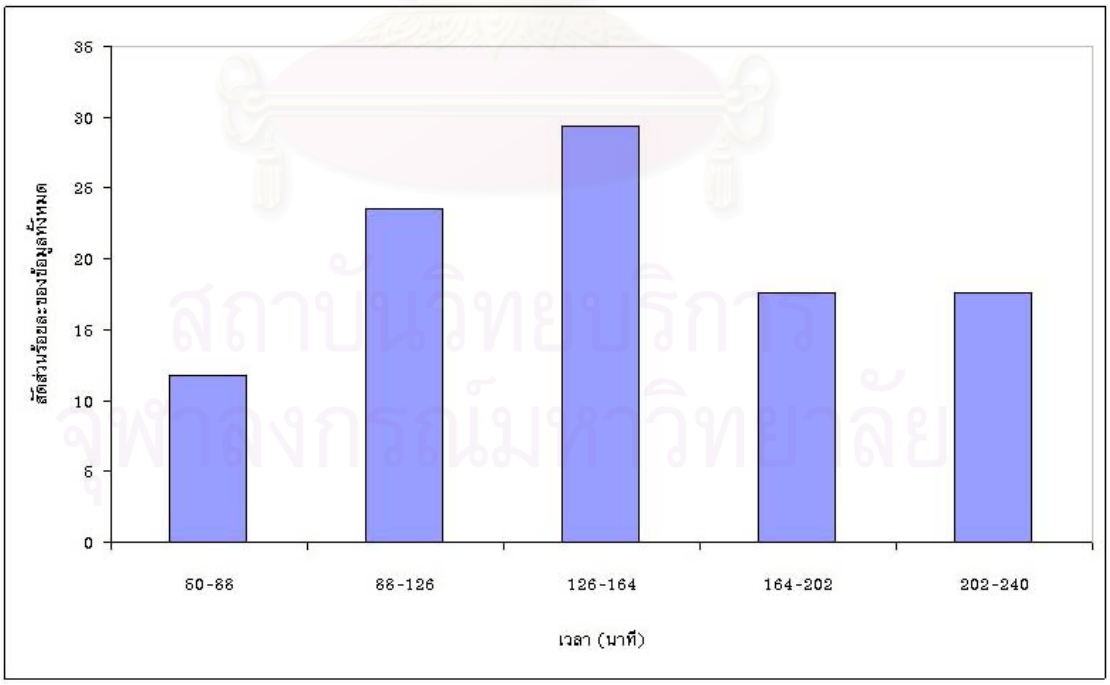
การใช้รถคีบอ้อยเป็นวิธีขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกที่รวดเร็วการใช้แรงงานคนขนอ้อยขึ้น จากการสำรวจพบว่า ชาวไร่ทุกเขตส่งเสริมมีการใช้รถคีบในการขนอ้อยขึ้นรถบรรทุก ดังแสดงในตารางที่ 5.8 และเวลาที่รถคีบอ้อยใช้ในการขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถซึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 19.7 ตันต่อคัน แสดงดังตารางที่ 5.9 และมีลักษณะการกระจายตัวแสดงดังรูปที่ 5.7 รายละเอียดของข้อมูลการขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกโดยใช้รถคีบอ้อย แสดงในภาคผนวก ง. ดังตารางที่ ง.2

ตารางที่ 5.8 จำนวนทรัพยากรรถคีบอ้อยของแต่ละเขตส่งเสริม

เขตส่งเสริม	จำนวนรถคีบอ้อย
1	5
2	67
3	20
4	30
5	5

ตารางที่ 5.9 ข้อมูลเวลาที่รถคีบอ้อยขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถ

เวลาที่รถคีบอ้อยขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถ (นาที)	จำนวนข้อมูล	สัดส่วนร้อยละ	สัดส่วนร้อยละสะสม
50-88	2	11.76	11.76
88-126	4	23.53	35.29
126-164	5	29.41	64.70
164-202	3	17.65	82.35
202-240	3	17.65	100.00



รูปที่ 5.7 การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่รถคีบอ้อยขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถ

จากการสำรวจข้อมูลพบว่าค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของเวลาที่รถคีบอ้อยขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถมีค่าเท่ากับ 147.2 และ 49.3 นาทีตามลำดับ และจากรูปที่ 5.7 แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่รถคีบอ้อยขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) มากที่สุด

จากการพิจารณาข้อมูล สามารถเขียนรูปแบบการกระจายตัวของเวลาที่รถคีบอ้อยขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถ ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวแบบปกติ ได้ดังสมการที่ 5.7

$$N(\mu, \sigma^2) = N(147.2, 49.3) \qquad (5.7)$$

เมื่อ N = ฟังก์ชันการกระจายตัวแบบปกติ

μ = ค่าเฉลี่ยของเวลาที่รถคีบอ้อยขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถ (นาที)

σ^2 = ค่าความแปรปรวนของเวลาที่รถคีบอ้อยขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถ (นาที)

การเปรียบเทียบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลที่สำรวจได้กับรูปแบบการกระจายตัวมาตรฐาน จะใช้การพิจารณาจากการทดสอบสาระรูปสนิทดี (Goodness-of-Fit) ใช้วิธีการทดสอบไคว์แสควร์ (Chi-square Test) ค่าไคว์แสควร์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.3 โดยมีสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

H_0 : เวลาที่รถคีบอ้อยขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถมีการกระจายตัวแบบปกติ

H_1 : เวลาที่รถคีบอ้อยขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถไม่ได้มีการกระจายตัวแบบปกติ

จากการคำนวณได้ค่าไคว์แสควร์เท่ากับ 2.2 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าไคว์แสควร์วิกฤตที่มีค่าเท่ากับ 9.5 (ระดับนัยสำคัญ (Level of Significance) เท่ากับ 0.05 และ องศาอิสระ (Degree of Freedom) เท่ากับ 4) แสดงว่า เวลาที่รถคีบอ้อยขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถมีการกระจายตัวไม่แตกต่างกันกับการกระจายตัวแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญ

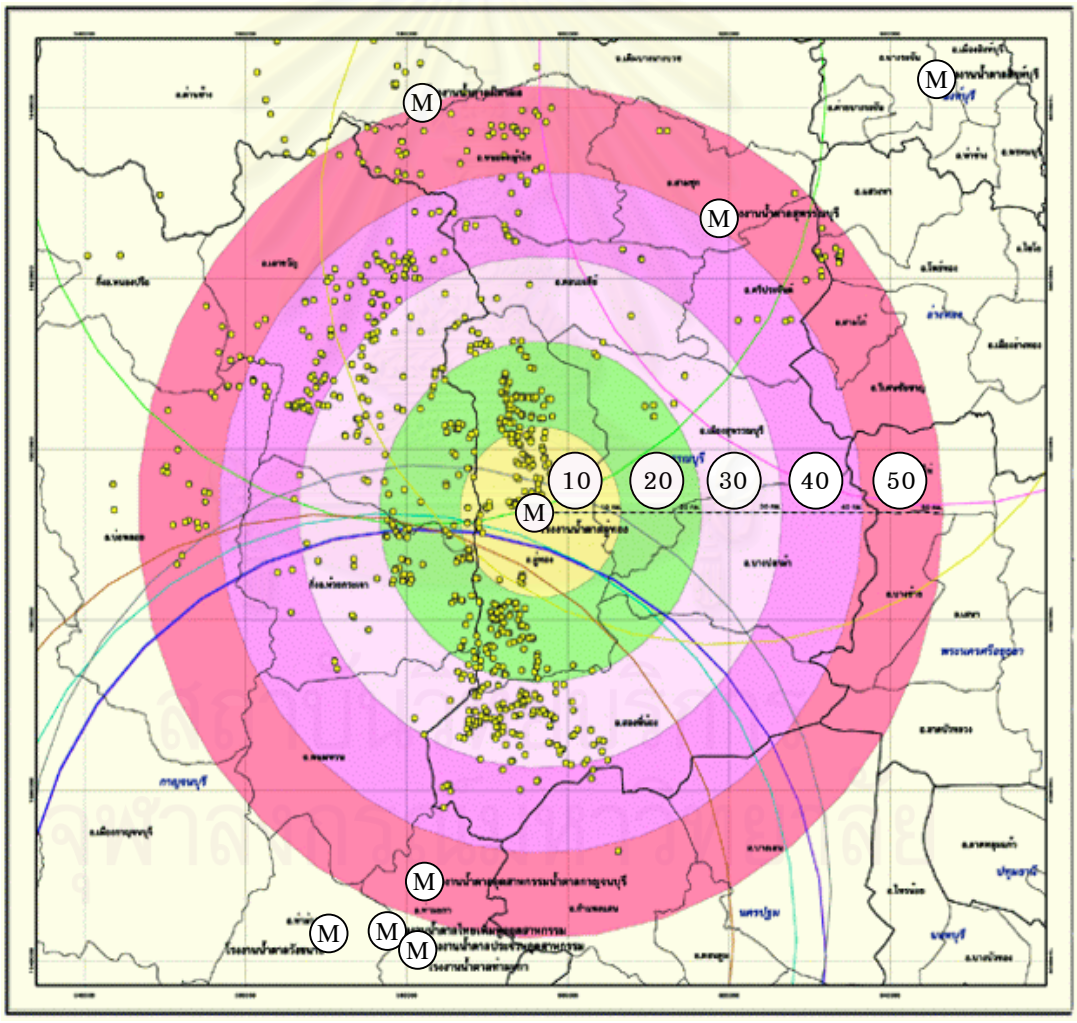
5.1.4 ข้อมูลของแบบจำลองในส่วนของกิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล

ข้อมูลของแบบจำลองในส่วนของกิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลประกอบไปด้วย ข้อมูลการขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา และข้อมูลการจัดส่งอ้อยไปสู่โรงงานน้ำตาลอื่น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1.4.1 ข้อมูลการขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

การขนส่งอ้อยของชาวไร่ไม่จำเป็นต้องขนส่งอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาลใดโรงงานน้ำตาลหนึ่งเท่านั้น ชาวไร่สามารถขนส่งอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาลมากกว่า 1 โรงงานตามแต่ปัจจัยต่าง ๆของชาวไร่รายนั้น ๆ เช่น ระยะทางระหว่างไร่แปลงนั้นกับโรงงานน้ำตาล แสดงดังรูปที่ 5.8 หรือความสนิทสนมระหว่างชาวไร่กับโรงงานน้ำตาล เป็นต้น สัดส่วนของการขนส่งอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาและโรงงานอื่นของแต่ละเขตส่งเสริม แสดงได้ดังตารางที่ 5.10

การขนส่งอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาลจะกระทำทันทีที่ขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถแล้ว เนื่องจากอ้อยจะเสื่อมคุณภาพตามระยะหลังการเก็บเกี่ยวที่ได้กล่าวไว้ในบทก่อน ๆแล้ว จากการสำรวจพบว่าระยะทางเฉลี่ยระหว่างแปลงไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาลที่ใช้ในกรณีศึกษาของแต่ละเขตส่งเสริม แสดงตารางที่ 5.11



รูปที่ 5.8 ระยะห่างระหว่างแปลงไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาและตำแหน่งโรงงานน้ำตาลข้างเคียง

ตารางที่ 5.10 สัดส่วนของการขนส่งอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาและโรงงานอื่นของแต่ละเขตส่งเสริม

เขตส่งเสริม	ปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวได้รวมทั้งหมด (ตัน)	ปริมาณอ้อยที่ส่งโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา (ตัน)	สัดส่วนร้อยละของอ้อยส่งโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา	ปริมาณอ้อยที่ส่งโรงงานอื่น (ตัน)	สัดส่วนร้อยละของอ้อยส่งโรงงานอื่น
1	120,341	70,457	58.5	49,883	41.5
2 (รถตัด)	37,768	15,061	39.9	22,707	60.1
2 (คนตัด)	1,144,720	536,640	46.9	608,079	53.1
3	942,572	740,281	78.5	202,290	21.5
4	281,051	204,188	72.7	76,863	27.3
5	44,039	36,768	83.5	7,270	16.5

ตารางที่ 5.11 ระยะทางเฉลี่ยระหว่างแปลงไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาลที่ใช้ในกรณีศึกษาของแต่ละเขตส่งเสริม

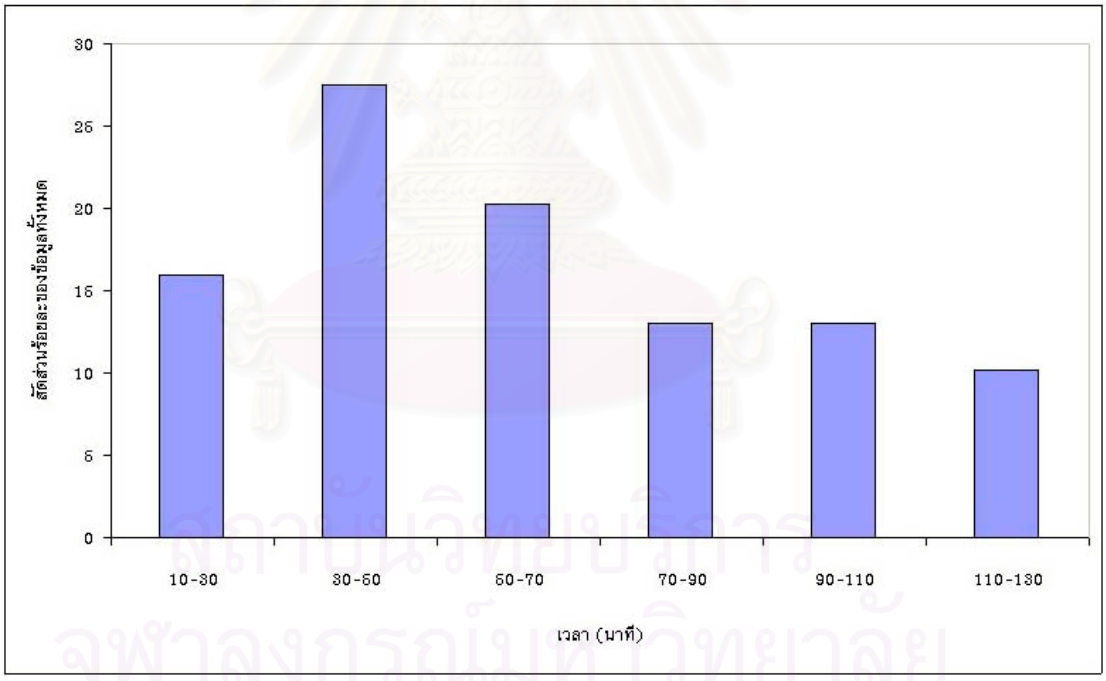
เขตส่งเสริม	ระยะทางเฉลี่ยระหว่างแปลงไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาลที่ใช้ในกรณีศึกษา (กิโลเมตร)
1	56.1
2	27.0
3	28.3
4	55.6
5	49.5

ข้อมูลจากตารางที่ 5.11 แสดงให้เห็นว่า ระยะทางเฉลี่ยระหว่างแปลงไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาลที่ใช้ในกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3 มีค่าที่ใกล้เคียงกัน และระยะทางเฉลี่ยระหว่างแปลงไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาลที่ใช้ในกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5 มีค่าใกล้เคียงกัน และข้อมูลจากตารางที่ 5.11 แสดงให้เห็นถึงการแบ่งพื้นที่แปลงไร่อ้อยอย่างชัดเจน ได้แก่ พื้นที่แปลงไร่อ้อยที่มีระยะห่างระหว่างแปลงไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา (พื้นที่ใกล้โรงงาน) เฉลี่ยไม่เกิน 30 กิโลเมตร คือ เขตส่งเสริมที่ 2 และ 3 กับ พื้นที่แปลงไร่อ้อยที่มีระยะห่างระหว่างแปลงไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา (พื้นที่ไกลโรงงาน) เฉลี่ยเกิน 30 กิโลเมตร คือ เขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5 ดังนั้นการสำรวจข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาจึงแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3 และข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5 ดังตารางที่ 5.12 และ 5.13

ตามลำดับ และมีลักษณะการกระจายตัวแสดงดังรูปที่ 5.9 และ 5.10 ตามลำดับ รายละเอียดของข้อมูลแสดงในภาคผนวก จ. ตารางที่ จ.1 และ จ.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.12 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3

เวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา (นาที)	จำนวนข้อมูล	สัดส่วนร้อยละ	สัดส่วนร้อยละสะสม
10-30	11	15.94	15.94
30-50	19	27.54	43.48
50-70	14	20.30	63.78
70-90	9	13.04	76.82
90-110	9	13.04	89.86
110-130	7	10.14	100.00



รูปที่ 5.9 การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3

จากการสำรวจข้อมูลพบว่าเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3 มีค่าต่ำที่สุดและสูงที่สุดเท่ากับ 10 นาที และ 130 นาที ตามลำดับ จากรูปที่ 5.9 แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่

โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3 มีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution) มากที่สุด

จากการพิจารณาข้อมูล สามารถเขียนรูปแบบการกระจายตัวของเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3 ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม ได้ดังสมการที่ 5.8

$$U(a,b) = U(10,130) \qquad (5.8)$$

เมื่อ U = ฟังก์ชันการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม

a = เวลาต่ำที่สุดของการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3 (นาที)

b = เวลาสูงที่สุดของการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3 (นาที)

การเปรียบเทียบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลที่สำรวจได้กับรูปแบบการกระจายตัวมาตรฐาน จะใช้การพิจารณาจากการทดสอบสาระรูปสนิทดี (Goodness-of-Fit) ใช้วิธีการทดสอบไคว์แสควร์ (Chi-square Test) ค่าไคว์แสควร์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.3 โดยมีสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

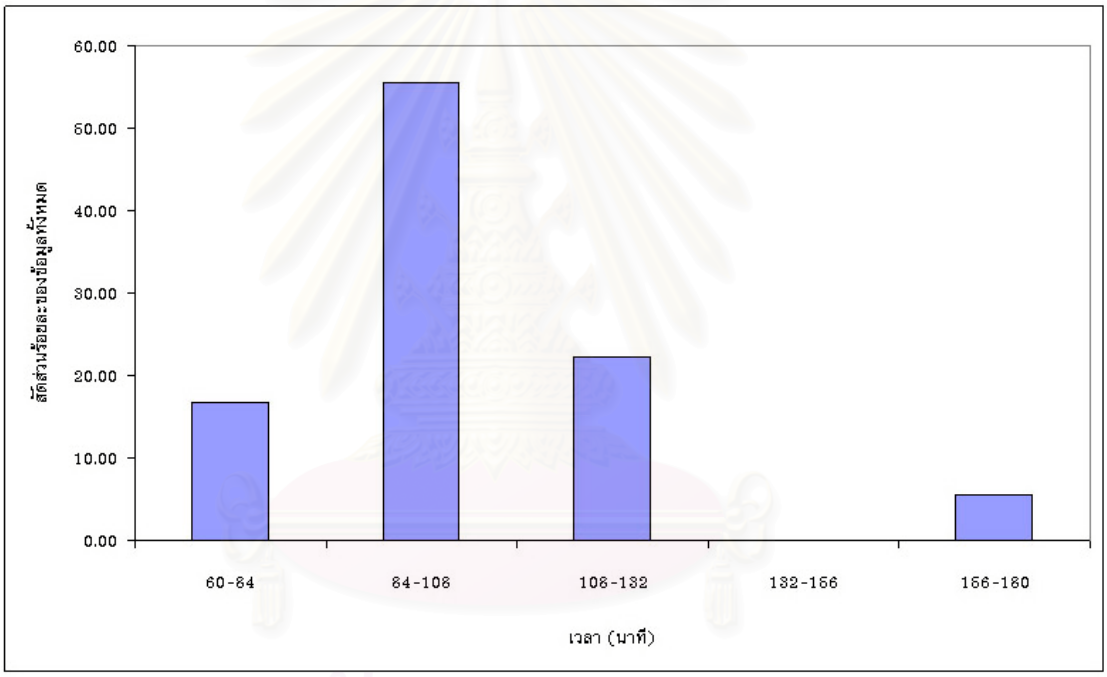
H_0 : เวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3 มีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม

H_1 : เวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3 ไม่ได้มีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม

จากการคำนวณได้ค่าไคว์แสควร์เท่ากับ 9.4 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าไคว์แสควร์วิกฤตที่มีค่าเท่ากับ 11.1 (ระดับนัยสำคัญ (Level of Significance) เท่ากับ 0.05 และ องศาอิสระ (Degree of Freedom) เท่ากับ 5) แสดงว่า เวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3 มีการกระจายตัวไม่แตกต่างกันกับการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์มอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 5.13 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5

เวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล (นาที)	จำนวนข้อมูล	สัดส่วนร้อยละ	สัดส่วนร้อยละสะสม
60-84	3	16.67	16.67
84-108	10	55.55	72.22
108-132	4	22.22	94.44
132-156	0	0.00	94.44
156-180	1	5.56	100.00



รูปที่ 5.10 การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5

จากการสำรวจข้อมูลพบว่าค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 101.3 และ 22.6 นาทีตามลำดับ และจากรูปที่ 5.10 แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5 มีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) มากที่สุด

จากการพิจารณาข้อมูล สามารถเขียนรูปแบบการกระจายตัวของเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5 ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวแบบปกติ ได้ดังสมการที่ 5.9

$$N(\mu, \sigma^2) = N(101.3, 22.6) \qquad (5.9)$$

เมื่อ N = ฟังก์ชันการกระจายตัวแบบปกติ

μ = ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5 (นาที)

σ^2 = ค่าความแปรปรวนของเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5 (นาที)

การเปรียบเทียบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลที่สำรวจได้กับรูปแบบการกระจายตัวมาตรฐาน จะใช้การพิจารณาจากการทดสอบสาระรูปสนิทดี (Goodness-of-Fit) ใช้วิธีการทดสอบไคว์แสควร์ (Chi-square Test) ค่าไคว์แสควร์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.3 โดยมีสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

H_0 : เวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5 มีการกระจายตัวแบบปกติ

H_1 : เวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5 ไม่ได้มีการกระจายตัวแบบปกติ

จากการคำนวณได้ค่าไคว์แสควร์เท่ากับ 7.5 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าไคว์แสควร์วิกฤตที่มีค่าเท่ากับ 9.5 (ระดับนัยสำคัญ (Level of Significance) เท่ากับ 0.05 และ องศาอิสระ (Degree of Freedom) เท่ากับ 4) แสดงว่า เวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5 มีการกระจายตัวไม่แตกต่างกันกับการกระจายตัวแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญ

5.1.4.2 ข้อมูลการจัดส่งอ้อยไปสู่โรงงานน้ำตาลอื่น

การคำนวณหาเวลาการขนส่งอ้อยไปยังโรงงานอื่น จะใช้การคำนวณหาค่าอัตราเร็วเฉลี่ยของการขนส่งอ้อยไปยังโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา จากความสัมพันธ์ของระยะทางเฉลี่ยระหว่างแปลงไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา และเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้ในกรณีศึกษา แล้วจึงนำมาคำนวณหาค่าของเวลาขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลอื่น เนื่องจากชาวไร่อ้อยที่จัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลอื่นอีก 14 โรงงาน ดังนั้นการเก็บข้อมูลอย่างละเอียดจึงแทบเป็นไปไม่ได้ การคำนวณหาอัตราเร็วเฉลี่ยของการขนส่งอ้อยไปยังโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษาก่อนแล้วจึงมาคำนวณ

หาเวลาขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลอื่นจึงมีความเหมาะสมที่สุด จากการคำนวณพบว่า อัตราเร็วเฉลี่ยของการขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลอื่นที่ระยะห่างจากโรงงานอื่นไม่เกิน 30 กิโลเมตรมีค่าเท่ากับ 27.98 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และอัตราเร็วเฉลี่ยของการขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลอื่นที่ระยะห่างจากโรงงานอื่นเกิน 30 กิโลเมตรมีค่าเท่ากับ 50.75 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และจากข้อมูลของเวลาเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไปนำมาคำนวณหาค่าของเวลาเดินทางจากโรงงานน้ำตาลอื่นกลับสู่ไร่จะได้ว่า อัตราเร็วเฉลี่ยของเวลาเดินทางจากโรงงานน้ำตาลอื่นกลับสู่ไร่ที่ระยะห่างจากโรงงานอื่นไม่เกิน 30 กิโลเมตรมีค่าเท่ากับ 33.48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และอัตราเร็วเฉลี่ยของเวลาเดินทางจากโรงงานน้ำตาลอื่นกลับสู่ไร่ที่ระยะห่างจากโรงงานอื่นเกิน 30 กิโลเมตรมีค่าเท่ากับ 56.93 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เวลาของการขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลอื่นแสดงดังตารางที่ 5.14 ถึง 5.18 และเวลาของการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลอื่นกลับสู่ไร่แสดงดังตารางที่ 5.19 ถึง 5.23

เวลาการดำเนินงานของกิจกรรมต่าง ๆในโรงงานอื่นเป็นข้อมูลที่ยากต่อการเก็บรวบรวมเนื่องจากจำนวนโรงงานน้ำตาลที่มากถึง 14 โรงงาน และความไม่แน่นอนของระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานของกิจกรรมต่าง ๆในโรงงานในแต่ละครั้งที่ไปจัดส่งอ้อย Banks และคณะ (2000) กล่าวว่า รูปแบบการกระจายตัวแบบสามเหลี่ยม (Triangular Distribution) ถูกใช้เมื่อไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนและทราบจากการคาดเดาของค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุด ดังนั้นจึงพิจารณาให้เวลาการดำเนินงานของกิจกรรมต่าง ๆในโรงงานอื่นมีรูปแบบการกระจายตัวแบบสามเหลี่ยม โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 60 นาที ค่าสูงสุดเท่ากับ 720 นาที และค่าที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุดเท่ากับ 300 นาที

ตารางที่ 5.14 ข้อมูลเวลาของการขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลอื่นของเขตส่งเสริมที่ 1

ระยะห่างของแปลงไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาลอื่น (กิโลเมตร)	สัดส่วนร้อยละของแปลงไร่อ้อย	เวลาของการขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลอื่น (นาที)
10	43.60	21.4
20	10.36	42.8
30	13.14	64.3
40	2.73	71.6
50	3.93	89.6
70	3.50	125.4
90	21.38	161.2
100	1.30	179.2
120	0.06	215.0

ตารางที่ 5.15 ข้อมูลเวลาของการขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลอื่นของเขตส่งเสริมที่ 2

ระยะห่างของแปลงไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาลอื่น (กิโลเมตร)	สัดส่วนร้อยละของแปลงไร่อ้อย	เวลาของการขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลอื่น (นาที)
4	0.05	8.5
20	1.12	42.8
30	25.15	64.3
35	5.94	62.7
40	15.61	71.6
50	32.27	89.6
60	7.05	107.5
70	2.55	125.4
90	0.14	161.2
100	4.60	179.2
110	2.94	197.1
120	2.57	215.0

ตารางที่ 5.16 ข้อมูลเวลาของการขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลอื่นของเขตส่งเสริมที่ 3

ระยะห่างของแปลงไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาลอื่น (กิโลเมตร)	สัดส่วนร้อยละของแปลงไร่อ้อย	เวลาของการขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลอื่น (นาที)
10	1.54	21.4
20	2.71	42.8
30	9.58	64.3
40	42.3	71.6
50	17.51	89.6
60	2.89	107.5
70	13.24	125.4
80	2.28	143.3
90	2.77	161.2
100	5.17	179.2

ตารางที่ 5.17 ข้อมูลเวลาของการขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลอื่นของเขตส่งเสริมที่ 4

ระยะห่างของแปลงไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาลอื่น (กิโลเมตร)	สัดส่วนร้อยละของแปลงไร่อ้อย	เวลาของการขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลอื่น (นาที)
10	0.58	21.4
20	11.4	42.8
30	84.67	64.3
40	3.35	71.6

ตารางที่ 5.18 ข้อมูลเวลาของการขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลอื่นของเขตส่งเสริมที่ 5

ระยะห่างของแปลงไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาลอื่น (กิโลเมตร)	สัดส่วนร้อยละของแปลงไร่อ้อย	เวลาของการขนส่งอ้อยจากไร่ไปสู่โรงงานน้ำตาลอื่น (นาที)
20	11.66	42.8
30	58.38	64.3
40	29.96	71.6

ตารางที่ 5.19 ข้อมูลเวลาของการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลอื่นกลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 1

ระยะห่างของแปลงไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาลอื่น (กิโลเมตร)	สัดส่วนร้อยละของแปลงไร่อ้อย	เวลาของการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลอื่นกลับสู่ไร่ (นาที)
10	43.60	11.8
20	10.36	23.6
30	13.14	35.4
40	2.73	42.1
50	3.93	52.7
70	3.50	73.7
90	21.38	94.8
100	1.30	105.3
120	0.06	126.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.20 ข้อมูลเวลาของการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลอื่นกลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 2

ระยะห่างของแปลงไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาลอื่น (กิโลเมตร)	สัดส่วนร้อยละของแปลงไร่อ้อย	เวลาของการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลอื่นกลับสู่ไร่ (นาที)
4	0.05	4.7
20	1.12	23.6
30	25.15	35.4
35	5.94	42.9
40	15.61	42.1
50	32.27	52.7
60	7.05	63.2
70	2.55	73.7
90	0.14	94.8
100	4.60	105.3
110	2.94	115.9
120	2.57	126.4

ตารางที่ 5.21 ข้อมูลเวลาของการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลอื่นกลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 3

ระยะห่างของแปลงไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาลอื่น (กิโลเมตร)	สัดส่วนร้อยละของแปลงไร่อ้อย	เวลาของการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลอื่นกลับสู่ไร่ (นาที)
10	1.54	11.8
20	2.71	23.6
30	9.58	35.4
40	42.3	42.1
50	17.51	52.7
60	2.89	63.2
70	13.24	73.7
80	2.28	84.3
90	2.77	94.8
100	5.17	105.3

ตารางที่ 5.22 ข้อมูลเวลาของการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลอื่นกลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 4

ระยะห่างของแปลงไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาลอื่น (กิโลเมตร)	สัดส่วนร้อยละของแปลงไร่อ้อย	เวลาของการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลอื่นกลับสู่ไร่ (นาที)
10	0.58	11.8
20	11.4	23.6
30	84.67	35.4
40	3.35	42.1

ตารางที่ 5.23 ข้อมูลเวลาของการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลอื่นกลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 5

ระยะห่างของแปลงไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาลอื่น (กิโลเมตร)	สัดส่วนร้อยละของแปลงไร่อ้อย	เวลาของการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลอื่นกลับสู่ไร่ (นาที)
20	11.66	23.6
30	58.38	35.4
40	29.96	42.1

5.1.5 ข้อมูลของแบบจำลองในส่วนของกิจกรรมการนำรถบรรทุกเปล่าจากโรงงานกลับไปยังไร่

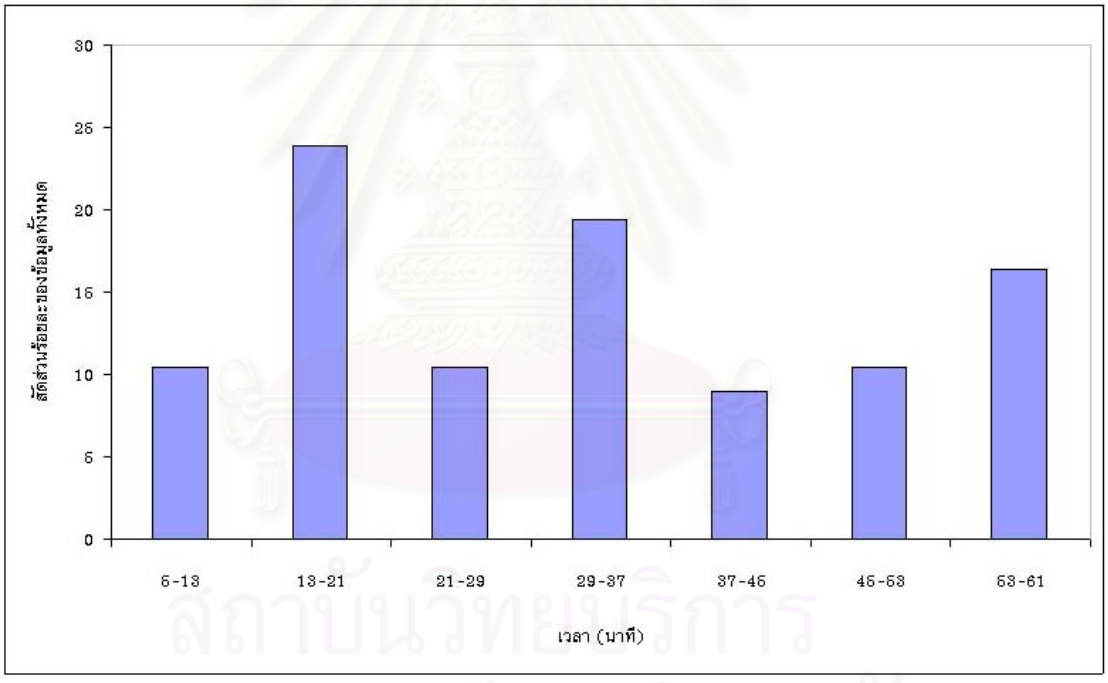
ข้อมูลในส่วนนี้ประกอบไปด้วย เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่และจำนวนทรัพยากรรถบรรทุกที่ใช้ในการจัดส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล ดังนี้

5.1.5.1 เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่

รถบรรทุกจะเดินทางกลับสู่ไร่เมื่อทำกิจกรรมในโรงงานน้ำตาลเสร็จสิ้นแล้ว เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่จะถูกพิจารณาตามการแบ่งพื้นที่ตามระยะห่างระหว่างไร่กับโรงงาน คือ พื้นที่ใกล้โรงงานน้ำตาล และพื้นที่ไกลโรงงานน้ำตาล ดังนั้นการสำรวจเวลาเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่จึงแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3 (พื้นที่ใกล้โรงงานน้ำตาล) และข้อมูลเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5 (พื้นที่ไกลโรงงานน้ำตาล) ดังตารางที่ 5.24 และ 5.25 ตามลำดับ และมีลักษณะการกระจายตัวแสดงดังรูปที่ 5.11 และ 5.12 ตามลำดับ รายละเอียดของข้อมูลแสดงในภาคผนวก ฉ. ตารางที่ ฉ.1 และ ฉ.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.24 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3

เวลาเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ (นาที)	จำนวนข้อมูล	สัดส่วนร้อยละ	สัดส่วนร้อยละสะสม
5-13	7	10.45	10.45
13-21	16	23.88	34.33
21-29	7	10.45	44.78
29-37	13	19.40	64.18
37-45	6	8.95	73.13
45-53	7	10.45	83.58
53-61	11	16.42	100.00



รูปที่ 5.11 การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3

จากการสำรวจข้อมูลพบว่าเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3 มีค่าต่ำที่สุดและสูงที่สุดเท่ากับ 5 นาที และ 61 นาทีตามลำดับ จากรูปที่ 5.11 แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3 มีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution) มากที่สุด

จากการพิจารณาข้อมูล สามารถเขียนรูปแบบการกระจายตัวของเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3 ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม ได้ดังสมการที่ 5.10

$$U(a,b) = U(5,61) \qquad (5.10)$$

เมื่อ U = ฟังก์ชันการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม

a = เวลาต่ำที่สุดที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3 (นาที)

b = เวลาสูงที่สุดที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3 (นาที)

การเปรียบเทียบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลที่สำรวจได้กับรูปแบบการกระจายตัวมาตรฐาน จะใช้การพิจารณาจากการทดสอบสาระรูปสนิทดี (Goodness-of-Fit) ใช้วิธีการทดสอบไคว์แสควร์ (Chi-square Test) ค่าไคว์แสควร์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.3 โดยมีสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

H_0 : เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3 มีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม

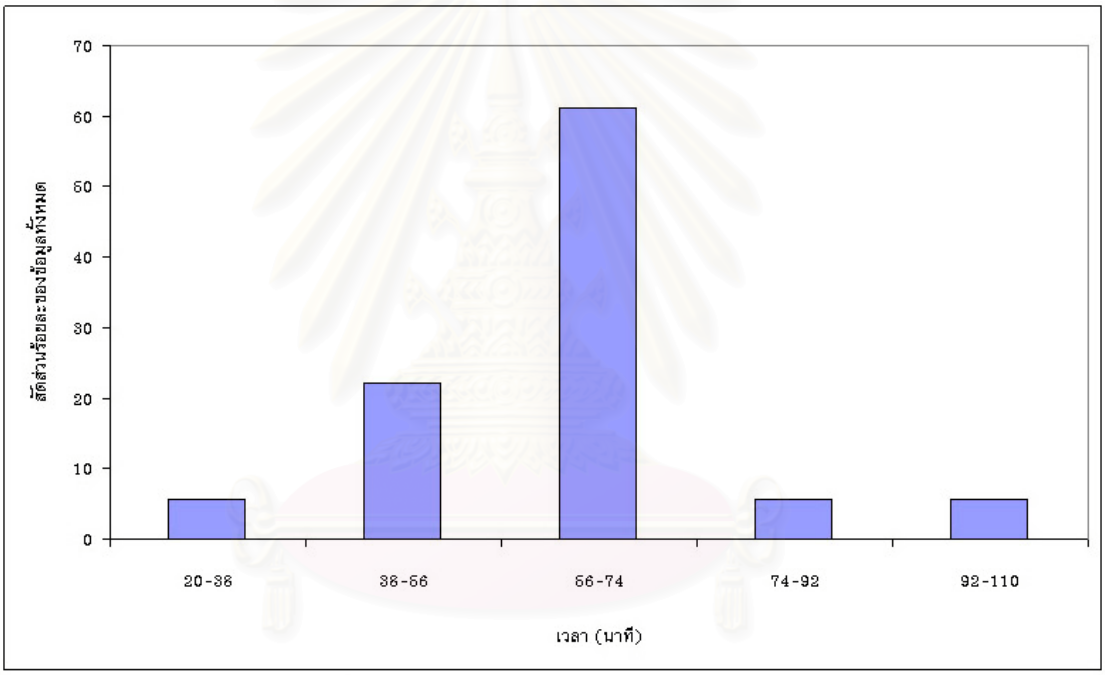
H_1 : เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3 ไม่ได้มีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม

จากการคำนวณได้ค่าไคว์แสควร์เท่ากับ 9.2 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าไคว์แสควร์วิกฤตที่มีค่าเท่ากับ 12.6 (ระดับนัยสำคัญ (Level of Significance) เท่ากับ 0.05 และ องศาอิสระ (Degree of Freedom) เท่ากับ 6) แสดงว่า เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3 มีการกระจายตัวไม่แตกต่างกันกับการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์มอย่างมีนัยสำคัญ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.25 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5

เวลาเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ (นาที)	จำนวนข้อมูล	สัดส่วนร้อยละ	สัดส่วนร้อยละสะสม
20-38	1	5.56	5.56
38-56	4	22.22	27.78
56-74	11	61.10	88.88
74-92	1	5.56	94.44
92-110	1	5.56	100.00



รูปที่ 5.12 การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5

จากการสำรวจข้อมูลพบว่าค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 62 และ 15.4 นาทีตามลำดับ และจากรูปที่ 5.12 แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5 มีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) มากที่สุด

จากการพิจารณาข้อมูล สามารถเขียนรูปแบบการกระจายตัวของเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5 ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวแบบปกติ ได้ดังสมการที่ 5.11

$$N(\mu,\sigma^2) = N(62,15.4) \qquad (5.11)$$

เมื่อ N = ฟังก์ชันการกระจายตัวแบบปกติ

μ = ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5 (นาที)

σ^2 = ค่าความแปรปรวนของเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5 (นาที)

การเปรียบเทียบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลที่สำรวจได้กับรูปแบบการกระจายตัวมาตรฐาน จะใช้การพิจารณาจากการทดสอบสาระรูปสนิทดี (Goodness-of-Fit) ใช้วิธีการทดสอบไคว์แสควร์ (Chi-square Test) ค่าไคว์แสควร์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.3 โดยมีสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

H_0 : เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5 มีการกระจายตัวแบบปกติ

H_1 : เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5 ไม่ได้มีการกระจายตัวแบบปกติ

จากการคำนวณได้ค่าไคว์แสควร์เท่ากับ 7.3 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าไคว์แสควร์วิกฤตที่มีค่าเท่ากับ 9.49 (ระดับนัยสำคัญ (Level of Significance) เท่ากับ 0.05 และ องศาอิสระ (Degree of Freedom) เท่ากับ 4) แสดงว่า เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5 มีการกระจายตัวไม่แตกต่างกันกับการกระจายตัวแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญ

5.1.5.2 จำนวนทรัพยากรรถบรรทุกที่ใช้ในการจัดส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล

พาหนะที่ใช้ในการบรรทุกอ้อยเพื่อจัดส่งไปยังโรงงานน้ำตาลมีหลายประเภท ได้แก่ รถบรรทุกสิบล้อ รถบรรทุกหกล้อ รถพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ และรถอีแต๋น แต่สำหรับโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษามีรถบรรทุกสิบล้อมาจัดส่งอ้อยมากที่สุดประมาณร้อยละ 98 จำนวนทรัพยากรรถบรรทุกของชาวไร่ที่ใช้จัดส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล แสดงดังตารางที่ 5.26

ตารางที่ 5.26 จำนวนทรัพยากรรถบรรทุกของชาวไร่ที่ใช้จัดส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล

เขตส่งเสริม	จำนวนรถบรรทุก (คัน)
1	86
2 (รถตัด)	19
2 (คนตัด)	651
3	557
4	316
5	35

5.1.6 ข้อมูลของแบบจำลองในส่วนของทรัพยากรแรงงานคนตัดอ้อย

แรงงานคนที่ใช้ในการตัดอ้อยเป็นแรงงานคนที่มาจากภาคอีสานเสียส่วนมาก นอกจากนั้นก็จะเป็นแรงงานคนในพื้นที่และแรงงานคนต่างด้าว การสำรวจข้อมูลแรงงานคนตัดอ้อยกระทำได้ยากมาก เนื่องจากการกำหนดจำนวนแรงงานคนตัดอ้อยขึ้นอยู่กับแนวคิดของชาวไร่แต่ละรายไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัว จึงทำการคำนวณจำนวนแรงงานคนตัดอ้อยจากปริมาณอ้อยที่คนตัดอ้อย 1 คนตัดตลอดฤดูเก็บเกี่ยวซึ่งมีค่าเท่ากับ 132.40 ตัน แล้วแปลงค่ากลับไปเป็นจำนวนแรงงานคนตัดอ้อยของแต่ละเขตส่งเสริมตามปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวอีกทีหนึ่ง วิธีการคำนวณปริมาณอ้อยที่คนตัดอ้อย 1 คนตัดตลอดฤดูเก็บเกี่ยวแสดงในภาคผนวก ช ตารางที่ ช.1

การตัดอ้อยจะกระทำกันเป็นทีมเพื่อให้ลดความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย โดยในการศึกษาจะกำหนดให้ทีมงานคนตัดอ้อยมีจำนวนคนในทีมทีมละ 20 คน วิธีการคำนวณจำนวนแรงงานคนตัดอ้อย แสดงดังตารางที่ 5.27

ตารางที่ 5.27 จำนวนทรัพยากรแรงงานคนตัดอ้อย

เขตส่งเสริม	ปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยว (ตัน)	ปริมาณอ้อยที่คนตัดอ้อย 1 คนตัดตลอดฤดูเก็บเกี่ยว (ตัน)	จำนวนแรงงานคนตัดอ้อย (คน)	จำนวนทีมงานคนตัดอ้อย (ทีม)
1	120,341	132.40	909	46
2	1,144,720	132.40	8,646	432
3	942,572	132.40	7,119	356
4	281,051	132.40	2,123	106
5	44,039	132.40	333	17

5.2 ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์ในส่วนของโรงงานน้ำตาล

โรงงานน้ำตาลที่ใช้ในการศึกษาเริ่มเปิดทำการรับอ้อยประจำปีการผลิต 2545/46 เมื่อวันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2545 เวลา 9 นาฬิกา 15 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่ 6315 ของระยะเวลาในการจำลองสถานการณ์ในแบบจำลองสถานการณ์ และหยุดเดินเครื่องจักรเมื่อ วันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2546 เวลา 0 นาฬิกา 40 นาทีซึ่งเป็นเวลาที่ 194440 ของระยะเวลาในการจำลองสถานการณ์ในแบบจำลองสถานการณ์ นอกจากในระหว่างฤดูการผลิตมีการหยุดล้างเครื่องจักรประจำปีการผลิตเป็นเวลา 42 ชั่วโมง 15 นาที เมื่อวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2546 เวลา 7 นาฬิกา 55 นาทีซึ่งเป็นเวลาที่ 66715 ของระยะเวลาในการจำลองสถานการณ์ในแบบจำลองสถานการณ์ และเปิดรับอ้อยอีกครั้งเมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2546 เวลา 2 นาฬิกา 10 นาที

รถบรรทุกอ้อยต้องทำกิจกรรมต่าง ๆในโรงงาน ได้แก่ กิจกรรมการรับใบคิว กิจกรรมการชั่งน้ำหนักรถหนัก (น้ำหนักของรถบรรทุกรวมกับน้ำหนักของอ้อย) กิจกรรมการยื่นเหรียญเพื่อเข้าเทอ้อยสู่สายพานลำเลียงไปยังลูกหีบชุดที่ 1 กิจกรรมการเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียงไปยังลูกหีบชุดที่ 1 กิจกรรมการนำอ้อยที่ค้างอยู่บนรถบรรทุกลงหลังจากเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียงไปยังลูกหีบชุดที่ 1 แล้ว และกิจกรรมการชั่งน้ำหนักรถเบา (น้ำหนักรถบรรทุกหลังจากเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียงไปยังลูกหีบชุดที่ 1 แล้ว) โดยมีรายละเอียดของข้อมูลต่าง ๆดังต่อไปนี้

5.2.1 ข้อมูลของกิจกรรมการรับใบคิว

ข้อมูลของกิจกรรมการรับใบคิว ได้แก่ ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการรับใบคิว โดยมีรายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ซ ตารางที่ ซ.1 ซึ่งจากตารางที่ ซ.1 พบว่า พิสัยของข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการรับใบคิวอยู่ในช่วงแคบมากคืออยู่ในช่วง 0.47 – 1.57 นาที ดังนั้นจึงกำหนดให้ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการรับใบคิวมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เก็บมาได้ คือ 0.83 นาที

5.2.2 ข้อมูลของกิจกรรมการชั่งน้ำหนักรถหนัก

ข้อมูลของกิจกรรมการรับใบคิว ได้แก่ ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการรับใบคิว โดยมีรายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ซ ตารางที่ ซ.2 ซึ่งจากตารางที่ ซ.2 พบว่า พิสัยของข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการรับใบคิวอยู่ในช่วงแคบมากคืออยู่ในช่วง 0.45 – 2.1 นาที ดังนั้นจึงกำหนดให้ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการรับใบคิวมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เก็บมาได้ คือ 1.02 นาที

5.2.3 ข้อมูลของกิจกรรมการยื่นเหรียญเพื่อเข้าเทอ้อย

ข้อมูลของกิจกรรมการยื่นเหรียญเพื่อเข้าเทอ้อย ได้แก่ ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการยื่นเหรียญเพื่อเข้าเทอ้อย โดยมีรายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ซ ตารางที่ ซ.3 ซึ่ง

จากตารางที่ ซ.3 พบว่า พิสัยของข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการยื่นเหรียญเพื่อเข้าเทอ้อยอยู่ในช่วงแคบมากคืออยู่ในช่วง 0.07 – 0.87 นาที ดังนั้นจึงกำหนดให้ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการรับใบคิวมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เก็บมาได้ คือ 0.33 นาที

5.2.4 ข้อมูลของกิจกรรมการเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียงไปยังลูกหีบชุดที่ 1

ข้อมูลของกิจกรรมการเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียงไปยังลูกหีบชุดที่ 1 ได้แก่ ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียงไปยังลูกหีบชุดที่ 1 และข้อมูลการเสียของเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อยของโรงงานน้ำตาล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

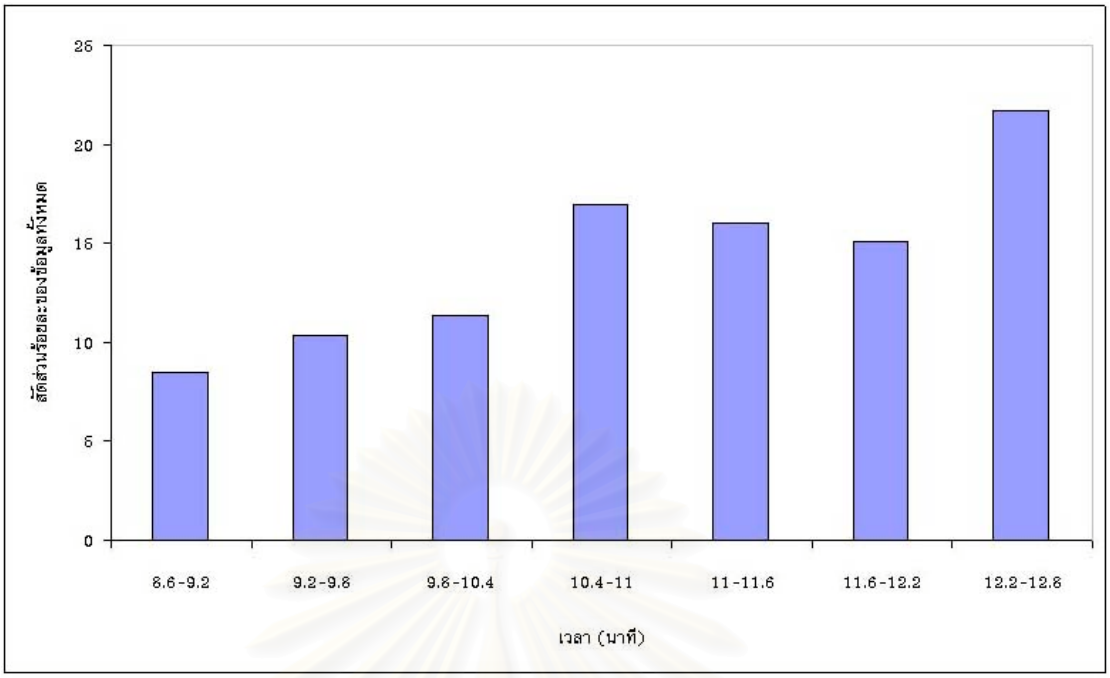
5.2.4.1 เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียง

กิจกรรมการเทอ้อยลงสายพานลำเลียงจะเกิดขึ้นภายหลังกิจกรรมการยื่นเหรียญเสร็จสิ้นแล้วและแท่นเทอ้อยที่ถูกกำหนดให้เข้าไปเทอ้อยว่าง ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียงแสดงในตารางที่ 5.28 รายละเอียดของข้อมูลแสดงในภาคผนวก ซ. ตารางที่ ซ.4

ตารางที่ 5.28 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียง

เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียง (นาที)	จำนวนข้อมูล	สัดส่วนร้อยละ	สัดส่วนร้อยละสะสม
8.6–9.2	9	8.49	8.49
9.2–9.8	11	10.38	18.87
9.8–10.4	12	11.32	30.19
10.4–11	18	16.98	47.17
11–11.6	17	16.04	63.21
11.6–12.2	16	15.09	78.30
12.2–12.8	23	21.70	100.00

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.13 การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียง

จากการสำรวจข้อมูลพบว่าเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียงมีค่าต่ำที่สุดและสูงที่สุดเท่ากับ 8.7 นาที และ 12.8 นาทีตามลำดับ จากรูปที่ 5.13 แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียงมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution) มาก

จากการพิจารณาข้อมูล สามารถเขียนรูปแบบการกระจายตัวของเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียงซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม ได้ดังสมการที่ 5.12

$$U(a,b) = U(8.6,12.8) \qquad (5.12)$$

เมื่อ
- U = ฟังก์ชันการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม
- a = เวลาต่ำที่สุดที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียง (นาที)
- b = เวลาสูงที่สุดที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียง (นาที)

การเปรียบเทียบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลที่สำรวจได้กับรูปแบบการกระจายตัวมาตรฐาน จะใช้การพิจารณาจากการทดสอบสาระรูปสนิทดี (Goodness-of-Fit) ใช้วิธีการทดสอบไคว์แสควร์ (Chi-square Test) ค่าไคว์แสควร์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.3 โดยมีสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

H_0 : เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียงมีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม

H_1 : เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียงไม่ได้มีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม

จากการคำนวณได้ค่าไคว์แสควร์เท่ากับ 9.2 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าไคว์แสควร์วิกฤตที่มีค่าเท่ากับ 12.6 (ระดับนัยสำคัญ (Level of Significance) เท่ากับ 0.05 และ องศาอิสระ (Degree of Freedom) เท่ากับ 6) แสดงว่า เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียงมีการกระจายตัวไม่แตกต่างกันกับการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์มอย่างมีนัยสำคัญ

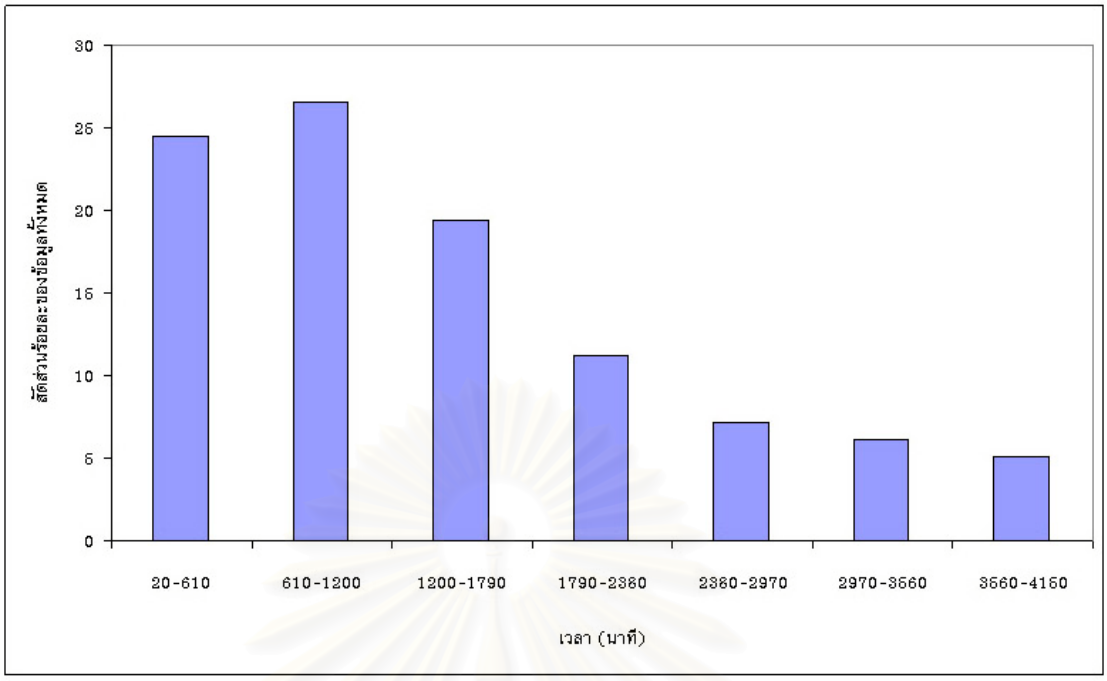
5.2.4.2 ข้อมูลการเสียของเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อยของโรงงานน้ำตาล

ลักษณะการเสียของเครื่องจักรในระบบหีบอ้อยของโรงงานน้ำตาลแสดงออกในรูปของเวลาที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อม (Time between failures, TBF) เวลาที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักร (Time to repair, TTR) ข้อมูลเวลาที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมและเวลาที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักรแสดงดังตารางที่ 5.29 และ 5.30 ตามลำดับ และมีลักษณะการกระจายตัวแสดงดังรูปที่ 5.14 และ 5.15 ตามลำดับ รายละเอียดของข้อมูลเวลาที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมและเวลาที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักร แสดงในภาคผนวก ซ. ดังตารางที่ ซ.5 และซ.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.29 ข้อมูลเวลาที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อม

เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียง (นาที)	จำนวนข้อมูล	สัดส่วนร้อยละ	สัดส่วนร้อยละสะสม
20-610	24	24.49	24.49
610-1200	26	26.53	51.02
1200-1790	19	19.39	70.41
1790-2380	11	11.22	81.63
2380-2970	7	7.15	88.78
2970-3560	6	6.12	94.90
3560-4150	5	5.10	100.00

จากการสำรวจข้อมูลพบว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมมีค่าเท่ากับ 1451 นาที และจากรูปที่ 5.14 แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับการกระจายตัวแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Distribution) มาก



รูปที่ 5.14 การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อม

ลักษณะการกระจายตัวแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลเป็นลักษณะการกระจายตัวแบบต่อเนื่อง (Continuous Distribution) และมีฟังก์ชันความหนาแน่น (Density Fucntion) ดังสมการที่ 5.13

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x} \qquad (5.13)$$

เมื่อ X = เวลาที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อม (นาที)

λ = อัตราการเกิดขึ้นของการเสียของเครื่องจักร (ครั้งต่อนาที)

จากการพิจารณาข้อมูล สามารถเขียนรูปแบบการกระจายตัวของเวลาที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อม ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ได้ดังสมการที่ 5.14

$$EXP(\lambda) = EXP(6.89x10^{-4}) \qquad (5.14)$$

เมื่อ EXP = ฟังก์ชันการกระจายตัวแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

λ = อัตราการเกิดขึ้นของการเสียของเครื่องจักร (ครั้งต่อนาที)

การเปรียบเทียบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลที่สำรวจได้กับรูปแบบการกระจายตัวมาตรฐาน จะใช้การพิจารณาจากการทดสอบสาระรูปสนิทดี (Goodness-of-Fit) ใช้วิธีการทดสอบไคว์แสควร์ (Chi-square Test) ค่าไคว์แสควร์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.3 โดยมีสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

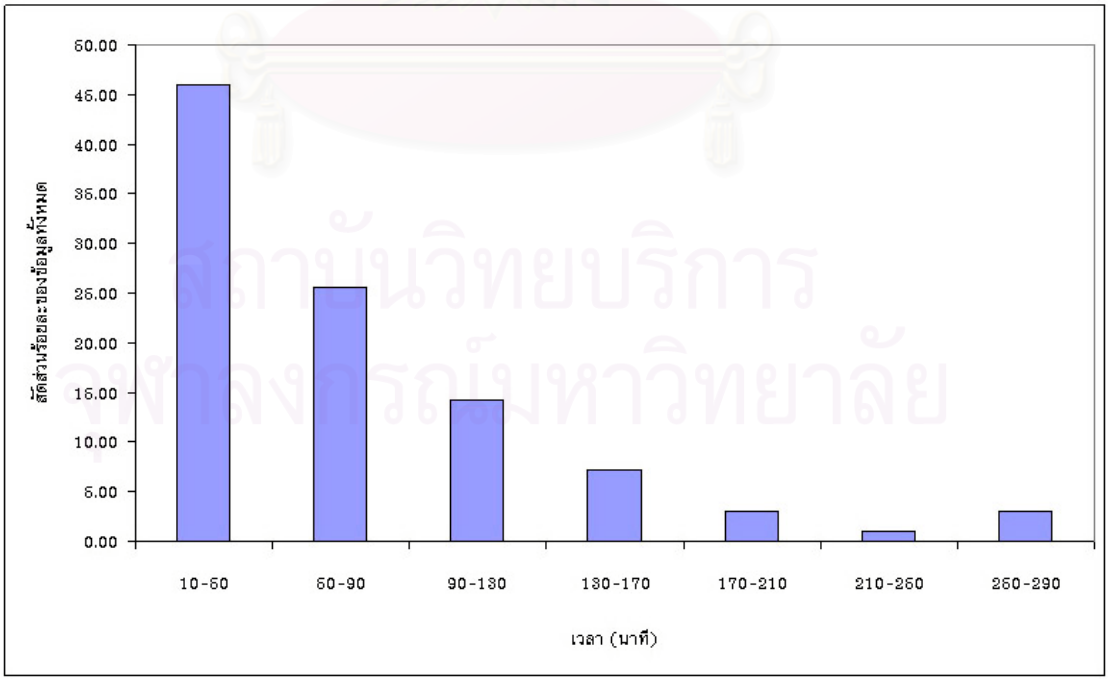
H_0 : เวลาที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมมีการกระจายตัวแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

H_1 : เวลาที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมไม่ได้มีการกระจายตัวแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

จากการคำนวณได้ค่าไคว์แสควร์เท่ากับ 4.0 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าไคว์แสควร์วิกฤตที่มีค่าเท่ากับ 12.6 (ระดับนัยสำคัญ (Level of Significance) เท่ากับ 0.05 และ องศาอิสระ (Degree of Freedom) เท่ากับ 6) แสดงว่า เวลาที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมมีการกระจายตัวไม่แตกต่างกันกับการกระจายตัวแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 5.30 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักร

เวลาที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักร (นาที)	จำนวนข้อมูล	สัดส่วนร้อยละ	สัดส่วนร้อยละสะสม
10-50	45	45.92	45.92
50-90	25	25.51	71.43
90-130	14	14.28	85.71
130-170	7	7.15	92.86
170-210	3	3.06	95.92
210-250	1	1.02	96.94
250-290	3	3.06	100.00



รูปที่ 5.15 การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักร

จากการสำรวจข้อมูลพบว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักรมีค่าเท่ากับ 72.4 นาที และจากรูปที่ 5.15 แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักรมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับการกระจายตัวแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Distribution) มากที่สุด

จากการพิจารณาข้อมูล สามารถเขียนรูปแบบการกระจายตัวของเวลาที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักร ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ได้ดังสมการที่ 5.1

$$EXP(\lambda) = EXP(0.13x10^{-2}) \qquad (5.15)$$

เมื่อ EXP = ฟังก์ชันการกระจายตัวแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

λ = อัตราการเกิดขึ้นของการซ่อมเครื่องจักรเสร็จ (ครั้งต่อนาที)

การเปรียบเทียบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลที่สำรวจได้กับรูปแบบการกระจายตัวมาตรฐาน จะใช้การพิจารณาจากการทดสอบสาระรูปสนิทดี (Goodness-of-Fit) ใช้วิธีการทดสอบไคว์แสควร์ (Chi-square Test) ค่าไคว์แสควร์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.3 โดยมีสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

H_0 : เวลาที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักรมีการกระจายตัวแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

H_1 : เวลาที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักรไม่ได้มีการกระจายตัวแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

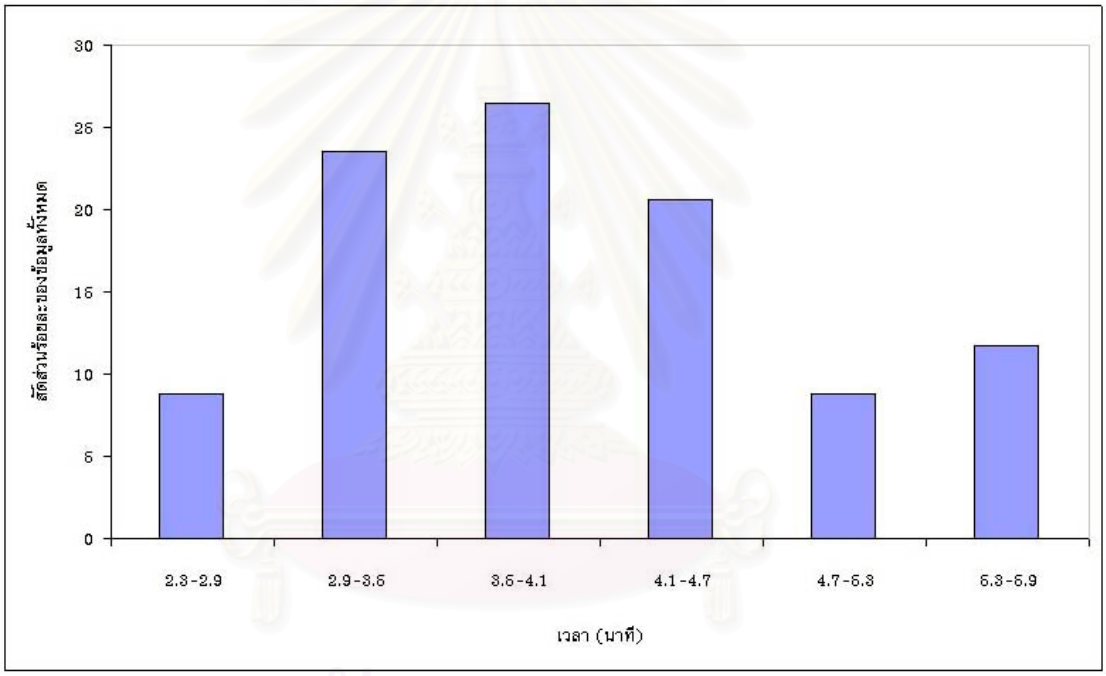
จากการคำนวณได้ค่าไคว์แสควร์เท่ากับ 8.7 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าไคว์แสควร์วิกฤตที่มีค่าเท่ากับ 12.6 (ระดับนัยสำคัญ (Level of Significance) เท่ากับ 0.05 และ องศาอิสระ (Degree of Freedom) เท่ากับ 6) แสดงว่า เวลาที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักรมีการกระจายตัวไม่แตกต่างกันกับการกระจายตัวแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างมีนัยสำคัญ

5.2.5 ข้อมูลของกิจกรรมการนำอ้อยที่ค้างอยู่บนรถบรรทุกลง

กิจกรรมการนำอ้อยที่ค้างอยู่บนรถบรรทุกลงเกิดขึ้นหลังจากเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียงไปยังลูกหีบชุดที่ 1 แล้ว ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการนำอ้อยที่ค้างอยู่บนรถบรรทุกลงแสดงดังตารางที่ 5.31 และมีลักษณะการกระจายตัวแสดงดังรูปที่ 5.16 รายละเอียดของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการนำอ้อยที่ค้างอยู่บนรถบรรทุกลงแสดง แสดงในภาคผนวก ซ. ดังตารางที่ ซ.7

ตารางที่ 5.31 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการนำอ้อยที่ค้างอยู่บนรถบรรทุกลง

เวลาที่ใช้ในการนำอ้อยที่ค้างอยู่บนรถบรรทุกลง (นาที)	จำนวนข้อมูล	สัดส่วนร้อยละ	สัดส่วนร้อยละสะสม
2.3-2.9	3	8.82	8.82
2.9-3.5	8	23.53	32.35
3.5-4.1	9	26.47	58.82
4.1-4.7	7	20.60	79.42
4.7-5.3	3	8.82	88.24
5.3-5.9	4	11.76	100.00



รูปที่ 5.16 การกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการนำอ้อยที่ค้างอยู่บนรถบรรทุกลง

จากการสำรวจข้อมูลพบว่าเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการนำอ้อยที่ค้างอยู่บนรถบรรทุกลงมีค่าต่ำที่สุดและสูงที่สุดเท่ากับ 2.3 นาที และ 5.9 นาทีตามลำดับ จากรูปที่ 5.16 แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการนำอ้อยที่ค้างอยู่บนรถบรรทุกลงมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution) มากที่สุด

จากการพิจารณาข้อมูล สามารถเขียนรูปแบบการกระจายตัวของเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียงซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม ได้ดังสมการที่ 5.16

$$U(a,b) = U(2.3,5.9) \qquad (5.16)$$

เมื่อ U = ฟังก์ชันการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม

a = เวลาต่ำที่สุดที่ใช้ในการทำกิจกรรมการนำอ้อยที่ค้างอยู่บนรถบรรทุกลง (นาที)

b = เวลาสูงที่สุดที่ใช้ในการทำกิจกรรมการนำอ้อยที่ค้างอยู่บนรถบรรทุกลง (นาที)

การเปรียบเทียบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลที่สำรวจได้กับรูปแบบการกระจายตัวมาตรฐาน จะใช้การพิจารณาจากการทดสอบสาระรูปสนิทดี (Goodness-of-Fit) ใช้วิธีการทดสอบไคว์แสควร์ (Chi-square Test) ค่าไคว์แสควร์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.3 โดยมีสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

H_0 : เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการนำอ้อยที่ค้างอยู่บนรถบรรทุกลงมีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม

H_1 : เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการนำอ้อยที่ค้างอยู่บนรถบรรทุกลงไม่ได้มีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม

จากการคำนวณได้ค่าไคว์แสควร์เท่ากับ 3.9 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าไคว์แสควร์วิกฤตที่มีค่าเท่ากับ 11.1 (ระดับนัยสำคัญ (Level of Significance) เท่ากับ 0.05 และ องศาอิสระ (Degree of Freedom) เท่ากับ 5) แสดงว่า เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการนำอ้อยที่ค้างอยู่บนรถบรรทุกลงมีการกระจายตัวไม่แตกต่างกันกับการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์มอย่างมีนัยสำคัญ

5.2.6 ข้อมูลของกิจกรรมการชั่งน้ำหนักรถเบา

ข้อมูลของกิจกรรมการชั่งน้ำหนักรถเบา ได้แก่ ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจการชั่งน้ำหนักรถเบา โดยมีรายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ซ ตารางที่ ซ.8 ซึ่งจากตารางที่ ซ.8 พบว่า พิสัยของข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการชั่งน้ำหนักรถเบาอยู่ในช่วงแคบมากคืออยู่ในช่วง 0.73 – 2.53 นาที ดังนั้นจึงกำหนดให้ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการชั่งน้ำหนักรถเบามีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เก็บมาได้ คือ 1.18 นาที

ข้อมูลทั้งหมดที่เก็บรวบรวมจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ในแบบจำลองสถานการณ์เพื่อทำการตรวจสอบและทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ในบทต่อไป

บทที่ 6
การตรวจสอบและทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์

การตรวจสอบและทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์เป็นขั้นตอนที่ต้องกระทำเมื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลเสร็จเรียบร้อยแล้ว เป้าหมายของการตรวจสอบและทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ได้แก่

1. เพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์ที่สามารถแสดงพฤติกรรมของระบบจริงได้ใกล้เคียงที่สุดเพื่อให้แบบจำลองสถานการณ์สามารถใช้เป็นตัวแทนของระบบจริงสำหรับการทดลองเกี่ยวกับระบบได้
2. เพื่อเพิ่มระดับความยอมรับของความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

การตรวจสอบและทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ (Verification) และการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ (Validation) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์เป็นส่วนของการตรวจสอบเบื้องต้นเกี่ยวกับความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ เช่น แบบจำลองตามแนวความคิด (Conceptual Model) ตรงกับแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นมาหรือไม่ โครงสร้างทางตรรกะ (Logical Structure) ของแบบจำลองสถานการณ์ถูกต้องหรือไม่ เป็นต้น ส่วนของการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์เป็นส่วนที่ตรวจสอบว่าแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นมานั้นสามารถเป็นตัวแทนของระบบจริงที่ถูกต้องได้หรือไม่เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ใช้แบบจำลองสถานการณ์ว่าผลที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์สามารถนำไปใช้วิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง

6.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ (Verification)

จุดประสงค์ของการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ คือ สร้างความมั่นใจให้กับผู้ใช้แบบจำลองสถานการณ์ว่า แบบจำลองตามแนวความคิดถูกสะท้อนลงไปในแบบจำลองสถานการณ์เพื่อให้แบบจำลองสถานการณ์มีลักษณะและพฤติกรรมเหมือนกับระบบจริงในระดับความละเอียดที่เรากำหนดไว้ ไม่ว่าจะเป็น โครงสร้างของแบบจำลองสถานการณ์ องค์ประกอบต่าง ๆของแบบจำลองสถานการณ์ ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่อยู่ในแบบจำลองสถานการณ์

Banks และคณะ (2000) ได้ให้ข้อแนะนำในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ ดังต่อไปนี้

1. แบบจำลองสถานการณ์ควรถูกตรวจสอบโดยคนอื่นด้วยนอกจากผู้สร้างแบบจำลองสถานการณ์

2. สร้าง Flow Diagram ซึ่งสะท้อนเหตุการณ์ต่าง ๆที่เกิดขึ้นในระบบจริงและพิจารณาว่าแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างมานั้นมีองค์ประกอบของเหตุการณ์ต่าง ๆครบถ้วนหรือไม่

3. ทำการตรวจสอบส่วนย่อยของแบบจำลองสถานการณ์ทีละขั้นตอนในระหว่างการสร้างและพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ เนื่องจากการแบ่งแบบจำลองเป็นส่วนย่อยเพื่อตรวจสอบสามารถทำให้เห็นข้อผิดพลาดได้ชัดกว่าการตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์ที่สมบูรณ์เพียงแค่ครั้งเดียว

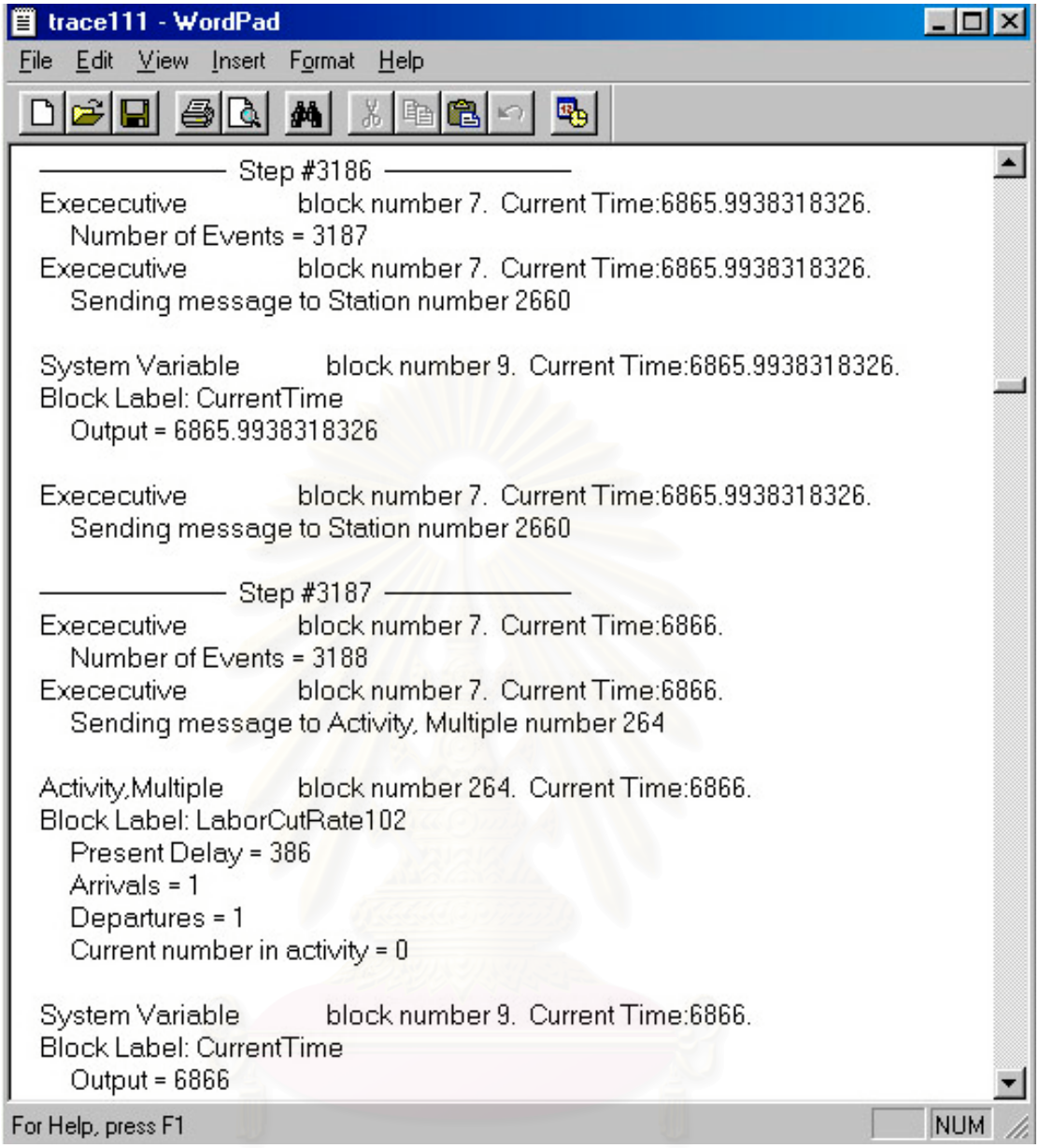
4. พิจารณาข้อมูลนำออกของแบบจำลองสถานการณ์ (Output Model) ว่ามีความสมเหตุสมผลกับข้อมูลนำเข้าหรือไม่

5. ทำการติดตามลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานของแบบจำลองสถานการณ์ (Trace) โดยใช้ Interactive Run Controller (IRC) หรือ Interactive Debugger ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

   - สามารถดูเฉพาะเจาะจงที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของแบบจำลองสถานการณ์ได้
   - สามารถดูผลของข้อมูลที่เราสนใจได้ เช่น ค่าของสถานภาพของระบบ (System State) ค่าคุณสมบัติของส่วนทำการ ความยาวแถวคอย จำนวนทรัพยากร ณ เวลาใดเวลาหนึ่งที่เราสนใจ
   - สามารถหยุดการทำงานของแบบจำลองสถานการณ์ได้ชั่วคราวเพื่อดูผลลัพธ์ต่าง ๆและเปลี่ยนแปลงข้อมูลหรือส่วนทำการใหม่ได้

6. ถ้าโปรแกรมที่ใช้สร้างแบบจำลองสถานการณ์สามารถแสดงผลการทำงานในแบบจำลองสถานการณ์ในรูปแบบของภาพเคลื่อนไหว (Animation) ได้ ให้พิจารณาว่าภาพเคลื่อนไหวในแบบจำลองมีลักษณะที่เหมือนกับระบบจริงหรือไม่ เนื่องจากภาพเคลื่อนไหวสามารถสื่อความหมายและความเข้าใจให้กับผู้ใช้ได้ดี

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาล ได้ใช้ชุดคำสั่ง Trace ซึ่งมีอยู่ในโปรแกรม “Extend” ในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ โดยในการแสดงผลสามารถที่จะเลือกแสดงผลเฉพาะส่วนของแบบจำลองสถานการณ์ได้ ผลลัพธ์จากที่ได้จากการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ด้วยชุดคำสั่ง Trace แสดงดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ด้วยชุดคำสั่ง Trace

โปรแกรม “Extend” ยังสามารถตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแสดงเป็นภาพเคลื่อนไหวได้อีกด้วย

ผลที่ได้จากการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่กระทำโดยวิธีการเปรียบเทียบเหตุการณ์ต่าง ๆในแบบจำลองสถานการณ์กับ Flow Diagram ของระบบงานจริง การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองสถานการณ์ของเจ้าหน้าที่โรงงานน้ำตาลและชาวไร่อ้อย การใช้ชุดคำสั่ง Trace และการพิจารณาดูจากภาพเคลื่อนไหว พบว่าแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นมานั้นสะท้อนถึงลักษณะ และพฤติกรรมขององค์ประกอบต่าง ๆใกล้เคียงกับระบบจริง จึงสามารถใช้เป็นตัวแทนของระบบจริงได้

6.2 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์

การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์เป็นขบวนการของการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์กับข้อมูลที่ได้จากระบบจริงภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดเดียวกัน เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้ใช้แบบจำลองสถานการณ์ว่าแบบจำลองสถานการณ์สามารถเป็นตัวแทนของระบบจริงได้และสามารถนำข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ไปใช้ได้อย่างมั่นใจ

วิธีการที่นิยมใช้ในการเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์กับผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมจากระบบจริง คือ การทดสอบสมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) โดยใช้การทดสอบแบบ t ประเภท 2 ข้าง (Two-Sided t Test) ตัวแปรที่ใช้ในการเปรียบเทียบ คือ ระยะเวลาที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาล ทั้งนี้เพราะเป็นตัวแปรที่สะท้อนให้เห็นถึงการรอคอยคิวและการเสียเวลาทำกิจกรรมต่าง ๆภายในโรงงานน้ำตาล และเป็นค่าที่แสดงถึงความซับซ้อนของการทำกิจกรรมต่าง ๆภายในไร่ กล่าวคือ ในช่วงวันแรก ๆของการเปิดรับอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาล ชาวไร่จะวางแผนการตัดอ้อยในปริมาณที่ไม่มากนักซึ่งส่งผลให้มีการใช้เครื่องมือ เครื่องจักรและแรงงานในการทำงานในไร่น้อยทำให้เสียเวลาในการรอคอยใช้เครื่องมือ เครื่องจักรและแรงงานเพื่อทำกิจกรรมต่าง ๆน้อย และปริมาณอ้อยเข้ามาทำกิจกรรมที่โรงงานน้ำตาลน้อยทำให้ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลน้อยด้วย แต่ในช่วงกลางฤดูหีบชาวไร่จะวางแผนตัดอ้อยในปริมาณมากซึ่งส่งผลให้มีการใช้เครื่องมือ เครื่องจักรและแรงงานในการทำงานในไร่มากทำให้เสียเวลาในการรอคอยใช้เครื่องมือ เครื่องจักรและแรงงานเพื่อทำกิจกรรมต่าง ๆมาก มีปริมาณอ้อยเข้ามาทำกิจกรรมที่โรงงานน้ำตาลมากทำให้ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลมากด้วย หากแบบจำลองสถานการณ์มีประสิทธิภาพก็ต้องแสดงให้เห็นถึงความถูกต้องของระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์เมื่อเทียบกับค่าที่เก็บรวบรวมได้จากระบบจริงด้วย

การเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์กับผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมจากระบบจริงแสดงได้ดังนี้

H_0: เวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลที่ได้จากแบบจำลอง มีค่าไม่แตกต่างจากเวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลที่เกิดขึ้นในระบบงานจริง

H_1: เวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลที่ได้จากแบบจำลอง มีค่าแตกต่างจากเวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลที่เกิดขึ้นในระบบงานจริง

$$t = \left[\frac{\bar{x} - \mu}{\left(\sigma / \sqrt{n} \right)} \right] \qquad (6.1)$$

เมื่อ t = ค่า t ที่ได้จากการทดสอบ

$\bar{x}$ = เวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลที่ได้จากแบบจำลอง (นาที)

μ = เวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลที่เกิดขึ้นในระบบงานจริง (นาที)

σ = ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง (นาที)

n = จำนวนข้อมูล

การยอมรับสมมติฐานหลักจะเกิดขึ้นเมื่อค่า $| t | \leq t_{\alpha/2, n-1}$ (เมื่อระดับนัยสำคัญ (Level of Significance) = α และองศาอิสระ (Degree of freedom) = $n-1$) และจะปฏิเสธสมมติฐานหลักก็ต่อเมื่อค่า $| t | > t_{\alpha/2, n-1}$ ซึ่งโดยทั่วไปค่าระดับนัยสำคัญจะเท่ากับ 0.05 ซึ่งหมายความว่าหากยอมรับสมมติฐานหลัก เวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์นั้นไม่แตกต่างจากเวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลที่เกิดขึ้นในระบบงานจริงที่ความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์

เวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลซึ่งได้จากแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากการทดสอบแบบจำลองทั้งสิ้น 20 ครั้ง ได้ผลดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 เวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์

ข้อมูลที่	เวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาล (นาที)	ข้อมูลที่	เวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาล (นาที)
1	560	11	471
2	444	12	463
3	476	13	510
4	566	14	472
5	547	15	448
6	452	16	559
7	514	17	462
8	467	18	543
9	520	19	480
10	424	20	462

ตารางที่ 6.1 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์เท่ากับ 492 และ 44 นาทีตาม

ลำดับ จากการเก็บรวบรวมข้อมูลเวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลที่เกิดขึ้นในระบบงานจริงมีค่าเท่ากับ 477 นาที

จากการทดสอบสมมติฐานด้วยสมการที่ 6.1 พบว่า ค่า t ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 1.5 ในขณะที่ค่า t วิกฤติมีค่าเท่ากับ 2.1 (ระดับนัยสำคัญมีค่าเท่ากับ 0.05 และองศาอิสระมีค่าเท่ากับ 19) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า t ที่ได้จากการทดสอบแสดงว่าสามารถยอมรับสมมติฐานที่ว่าเวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์มีค่าไม่แตกต่างจากเวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลที่เกิดขึ้นในระบบงานจริง

การตรวจสอบและทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลข้างต้นด้วยวิธีต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการเปรียบเทียบเหตุการณ์ต่าง ๆในแบบจำลองสถานการณ์กับ Flow Diagram ของระบบงานจริง การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองสถานการณ์ของเจ้าหน้าที่โรงงานน้ำตาลและชาวไร่อ้อย จากเจ้าหน้าที่โรงงานน้ำตาลและชาวไร่อ้อย การใช้ชุดคำสั่ง Trace การพิจารณาดูจากภาพเคลื่อนไหว และการเปรียบเทียบผลที่ได้รับจากแบบจำลองสถานการณ์กับผลที่เกิดขึ้นจริงในระบบงานจริง แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลมีความถูกต้องสามารถเป็นตัวแทนของระบบจริงได้ ผู้ใช้แบบจำลองสถานการณ์สามารถนำแบบจำลองไปใช้ได้อย่างมั่นใจ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์นี้น่าจะมีแนวโน้มเช่นเดียวกับผลที่ได้จากการปฏิบัติงานของระบบงานจริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7
การใช้แบบจำลองสถานการณ์ในการวิเคราะห์การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล

แบบจำลองสถานการณ์ที่ผ่านการทดสอบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์แล้วสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ตามแนวทางแก้ไขต่าง ๆ เพื่อพิจารณาถึงผลลัพธ์ที่ได้จากแนวทางแก้ไขและความเหมาะสมของแนวทางแก้ไข เนื่องจากระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลเป็นระบบที่ใหญ่และมีความซับซ้อนสูง การจะเปลี่ยนแปลงสิ่งใดต่อระบบจึงมักจะมีผลกระทบอย่างสูงทั้งในด้านค่าใช้จ่ายและการทำความเข้าใจแก่ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นก่อนที่จะมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงระบบจึงควรที่จะศึกษาถึงผลที่จะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงนั้น ๆ ซึ่งการใช้แบบจำลองสถานการณ์ในการพิจารณาถึงผลที่จะเกิดขึ้นก่อนแล้วค่อยตัดสินใจถึงความคุ้มค่าในการเปลี่ยนแปลงระบบจริงอีกทีเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสม

ความสูญเสียที่เกิดจากความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยมีระยะเวลาที่ยาวนาน และการใช้ประโยชน์รถบรรทุก เครื่องมือ และแรงงานคนในกระบวนการเก็บเกี่ยวและการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลได้อย่างไม่เต็มประสิทธิภาพดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 เป็นสิ่งที่สามารถทำให้ลดลงได้หากมีการจัดการที่ดี แนวทางที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นมี 3 แนวทางดังนี้

- การจัดตารางเวลาในการจัดสรรอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล
- การปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อย
- การนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคน

7.1 การจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล

ปริมาณอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาในฤดูกาลผลิต 2545/46 มีจำนวนรวมทั้งหมดเท่ากับ 1,603,398 ตัน เป็นอ้อยรถตัด 15,061 ตันหรือคิดเป็นร้อยละ 0.94 ของปริมาณอ้อยทั้งหมดซึ่งเป็นจำนวนที่น้อยมาก ดังนั้นในการพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของ ค่า CCS จึงพิจารณาไปที่อ้อยคนตัดเป็นหลัก อ้อยคนตัดมีปริมาณเท่ากับ 1,588,336 ตัน เป็นปริมาณอ้อยสดเท่ากับ 887,184 ตันหรือคิดเป็นร้อยละ 55.86 ของปริมาณอ้อยทั้งหมด และเป็นปริมาณอ้อยไฟไหม้เท่ากับ 701,152 ตันหรือคิดเป็นร้อยละ 44.14 ของปริมาณอ้อยทั้งหมด โดยมีค่า CCS เฉลี่ยเท่ากับ 10.34

การเก็บเกี่ยวอ้อยของชาวไร่ในปัจจุบันขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของชาวไร่ ดังนั้นปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวในแต่ละวันจึงมีค่าความแปรปรวนแตกต่างกันไป จากการสำรวจข้อมูลพบว่า ค่า

เฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวในช่วงละ 3 วันของเขตส่งเสริมทั้ง 5 เขตมีค่าเท่ากับ 3,044 และ 847 คันรถ ซึ่งส่งผลให้ความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยว จนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 948 นาที และใช้เวลาในกระบวนการขนส่งอ้อย ซึ่งประกอบไปด้วย กิจกรรมการขึ้นอ้อย กิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล กิจกรรมการนำอ้อยเข้ากระบวนการหีบอ้อย และกิจกรรมการนำรถบรรทุกกลับไปที่ไร่มีค่าเท่ากับ 807 นาที โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 7.1

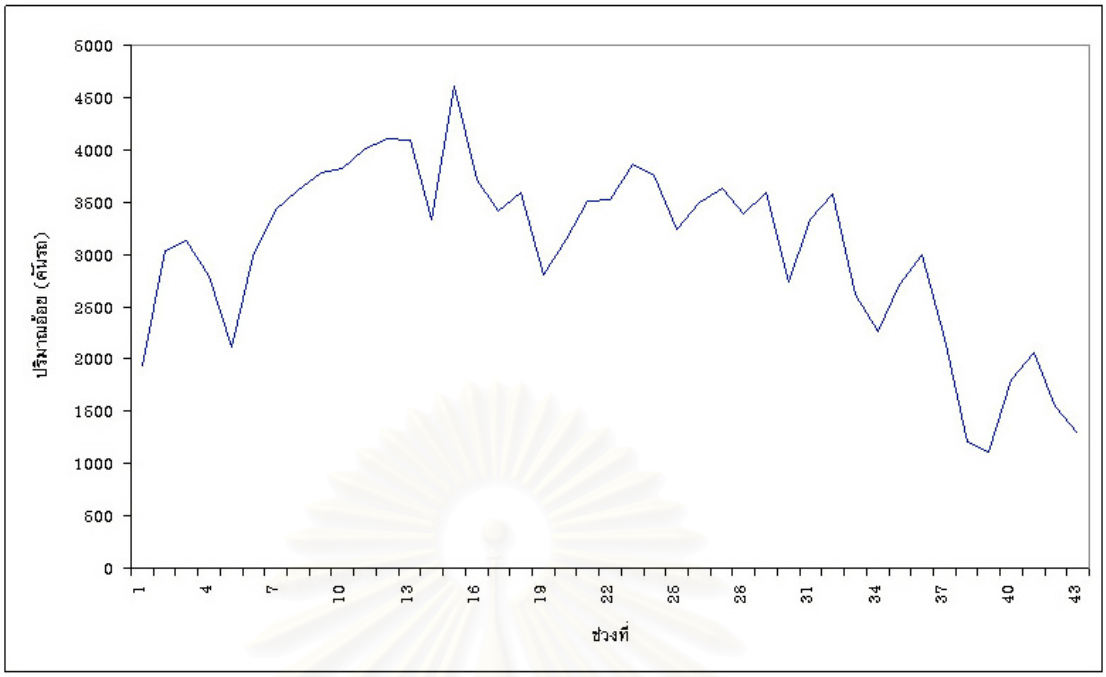
ตารางที่ 7.1 เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานกิจกรรมต่าง ๆ ของการเก็บเกี่ยวและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล

กิจกรรม	เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานกิจกรรม (นาที)
การเก็บเกี่ยวอ้อย	281
การขึ้นอ้อย	201
การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล	76
การนำอ้อยเข้ากระบวนการหีบอ้อย	492
การนำรถบรรทุกกลับไปที่ไร่	38
รวมเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อย	807

รูปที่ 7.1 แสดงให้เห็นว่าชาวไร่แต่ละรายไม่ได้มีการวางแผนการเก็บเกี่ยวอ้อยร่วมกันทำให้ในบางช่วงเวลามีการจัดส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลสูงมาก ในขณะที่บางช่วงเวลามีการจัดส่งอ้อยเข้าโรงงานต่ำ ส่งผลให้ในช่วงเวลาที่มีการจัดส่งอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาลสูงมีแถวคอยในโรงงานสูงทำให้เกิดความล่าช้าในการรอคอยและในช่วงเวลาที่มีการจัดส่งอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาลต่ำรถบรรทุกก็ต้องรอคอยให้มีปริมาณอ้อยเพียงพอแต่การหีบหนึ่งครั้งถึงจะเข้าไปเทอ้อยได้ การแก้ปัญหานี้อาจทำได้โดยการลดค่าความแปรปรวนของปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวลงเพื่อให้อ้อยที่จัดส่งเข้าโรงงานน้ำตาลในแต่ละช่วงมีค่าไม่มากเกินไปหรือไม่น้อยเกินไป ดังนั้นจึงใช้แบบจำลองสถานการณ์ทำการวิเคราะห์แนวทางแก้ไขโดยการจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล 2 แนวทาง ดังนี้

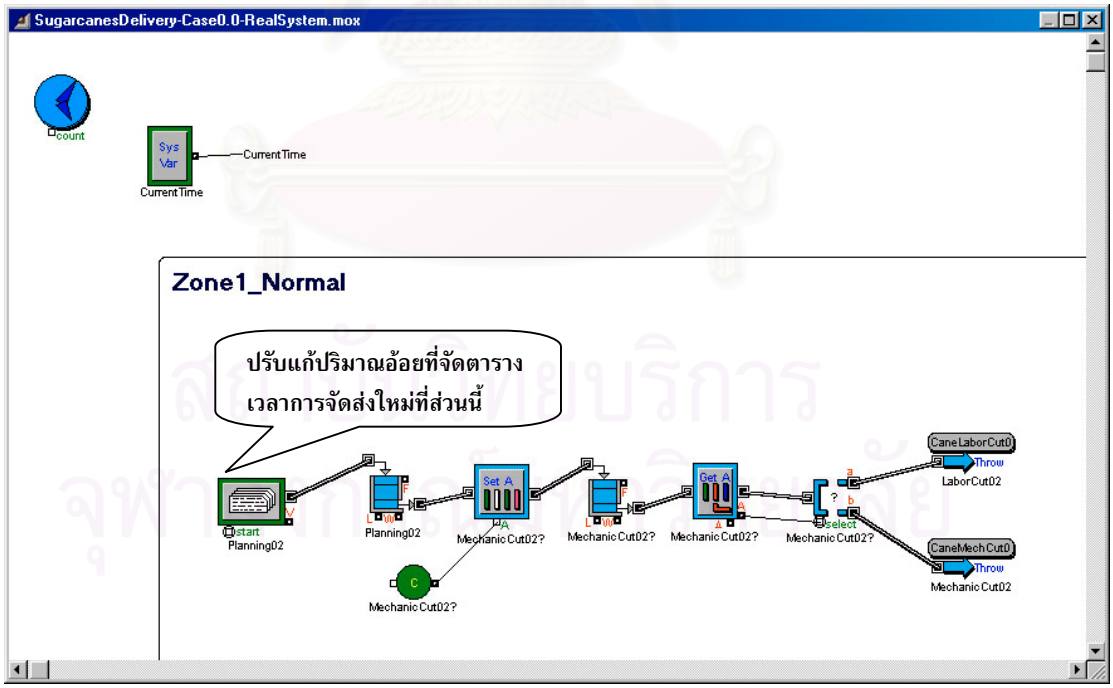
- การจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลง

- การจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว



รูปที่ 7.1 ปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวในช่วงละ 3 วันของเขตส่งเสริมทั้ง 5 เขต

การปรับแก้ปริมาณอ้อยที่จัดตารางเวลาการจัดส่งใหม่จะกระทำในส่วนของแบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งส่วนที่ 1 ดังรูปที่ 7.2

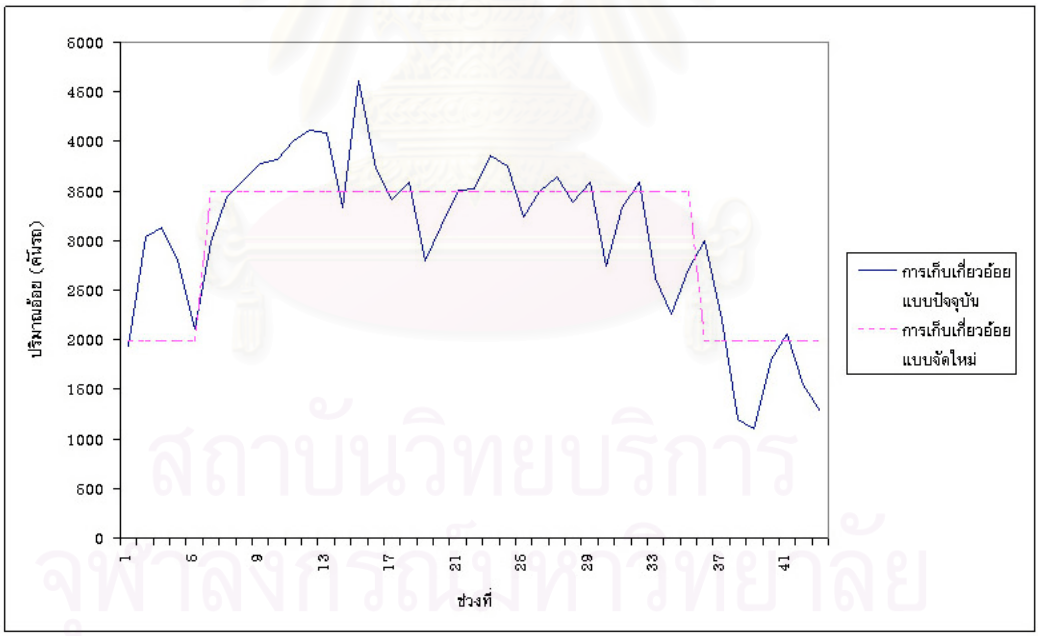


รูปที่ 7.2 การปรับแก้ปริมาณอ้อยที่จัดตารางเวลาการจัดส่งใหม่

7.1.1 การจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลง

การลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยกระทำได้โดยจัดตารางเวลาการเก็บเกี่ยวอ้อยให้มีความแตกต่างของปริมาณการเก็บเกี่ยวแต่ละวันไม่ต่างกันมากนัก รวมถึงลดปริมาณการเก็บเกี่ยวในช่วงวันที่มีการเก็บเกี่ยวอ้อยสูงมาก และเพิ่มปริมาณการเก็บเกี่ยวในช่วงวันที่มีการเก็บเกี่ยวอ้อยต่ำมาก ดังรูปที่ 7.3 โดยกำหนดให้การเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นดังนี้

- ช่วง 3 วัน 5 ช่วงแรก (วันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2545 ถึงวันที่ 3 มกราคม พ.ศ. 2546 กล่าวคือยกเลิกการเก็บเกี่ยวในช่วงก่อนโรงงานเปิดรับอ้อย) มีการเก็บเกี่ยวอ้อยทั้ง 5 เขตส่งเสริมรวมกันช่วงละ 1,990 คันรถ
- ช่วง 3 วันตอนกลางฤดูเก็บเกี่ยว (วันที่ 4 มกราคม พ.ศ. 2546 ถึงวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2546) มีการเก็บเกี่ยวอ้อยทั้ง 5 เขตส่งเสริมรวมกันช่วงละ 3,500 คันรถ
- ช่วง 3 วัน 8 ช่วงสุดท้าย (วันที่ 6 เมษายน พ.ศ. 2546 ถึงวันที่ 29 เมษายน พ.ศ. 2546) มีการเก็บเกี่ยวอ้อยทั้ง 5 เขตส่งเสริมรวมกันช่วงละ 1,993 คันรถ



รูปที่ 7.3 ปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวในช่วงละ 3 วันของเขตส่งเสริมทั้ง 5 เขตที่จัดตารางการเก็บเกี่ยวโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลง

ปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวในแต่ละวันของแต่ละเขตส่งเสริมที่เก็บเกี่ยวโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลง แสดงดังภาคผนวก ญ ตารางที่ ญ.1 ถึง ญ.6

การทำให้ระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยลดลงได้ทำให้สามารถลดความสูญเสียลงได้ กล่าวคือ ระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยที่ลดลงทำให้การลดลงของค่า CCS ลดลง ดังตารางที่ 7.1 และ 7.2 ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อปริมาณน้ำตาลที่จะสูญเสียไปลดลง

ตารางที่ 7.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังจากการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพความหวานที่ลดลงของการตัดอ้อยสดและการตัดอ้อยเผา

ระยะเวลาหลังจากการเก็บเกี่ยว (ชั่วโมง)	ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพความหวาน (CCS) ที่ลดลง	
	อ้อยตัดสด	อ้อยไฟไหม้
20	0.63	1.12
50	3.31	4.40

ที่มา : Meade and Chen (1977)

ตารางที่ 7.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังจากการเก็บเกี่ยวกับอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพความหวานที่ลดลงของอ้อยรถตัด

ระยะเวลาหลังจากการเก็บเกี่ยว (วัน)	ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพความหวาน (CCS) ที่ลดลง
1	2.6
3	9.0

ที่มา : Meade and Chen (1977)

ปริมาณน้ำตาลที่จะไม่สูญเสียไปเนื่องจากให้ระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยลดลงสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 7.1 ดังนี้

$$\text{Ton of Actual Sugar} = \frac{\text{Ton of 94 N.T. Sugar} \times 94}{\text{Actual N.T.}} \qquad (7.1)$$

เมื่อ Ton of Actual Sugar = ปริมาณน้ำตาล (ตัน)

Ton of 94 N.T. Sugar = ปริมาณน้ำตาลชนิด 97 N.T. (ตัน)

Actual N.T. = หาได้จากสมการที่ 7.4

$$\text{Ton of 94 N.T. Sugar} = \frac{\text{Coefficient of Work} \times \text{Ton of CCS in Cane}}{100} \qquad (7.2)$$

เมื่อ Coefficient of Work = ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร
Ton of CCS in Cane = หาได้จากสมการที่ 7.3

$$\text{Ton of CCS in Cane} = \frac{\text{Ton of Cane x CCS}}{100} \quad (7.3)$$

เมื่อ Ton of Cane = ปริมาณอ้อย (ตัน)
CCS = ค่าคุณภาพความหวาน

$$\text{Actual N.T.} = \text{Pol} - (5 \text{ x Sulphated Ash}) - \text{Inverts} \quad (7.4)$$

เมื่อ Pol = ค่าโพลของน้ำตาล
Suphated Ash = หาได้จากสมการที่ 7.5
Invert = ค่าน้ำตาลอินเวิร์ต

$$\text{Sulphated Ash} = (0.00167 \text{ x Conductivity Ash}) + 0.09 \quad (7.5)$$

เมื่อ Sulphated Ash = ขี้เถ้าซัลเฟต
Conductivity Ash = สัดส่วนขี้เถ้าตัวนำ

ข้อมูลจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาในฤดูกาลผลิต 2545/46 ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณหาปริมาณน้ำตาลที่จะไม่สูญเสียไปเนื่องจากให้ระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยลดลงมีดังนี้

- ค่า Coefficient of Work เท่ากับ 94.07
- ค่า Pol น้ำตาลทรายดิบเท่ากับ 97
- ค่า Conductivity Ash เท่ากับ 0.61
- ค่า Inverts เท่ากับ 0.65
- มูลค่าน้ำตาลทรายดิบ 6,018.63 บาทต่อตัน

การลดเวลาที่ใช้ในกระบวนการขนส่งอ้อย ซึ่งประกอบไปด้วย กิจกรรมการขึ้นอ้อย กิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล กิจกรรมการนำอ้อยเข้ากระบวนการหีบอ้อย และกิจกรรมการนำรถบรรทุกกลับไปที่ไร่ก็ส่งผลให้สามารถลดความสูญเสียลงได้เช่นกัน กล่าวคือ สามารถใช้รถบรรทุกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นส่งผลให้สามารถลดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ได้ดังนี้

- ค่าเสื่อมราคารถบรรทุก

การลดเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อยส่งผลให้ปริมาณความต้องการใช้รถบรรทุกเพื่อการขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลลดลง ดังนั้นจึงสามารถลดค่าเสื่อมราคาของรถบรรทุกลงได้ จากการศึกษาของพรชัย ท้วมปาน (2545) ซึ่งทำการศึกษาโครงสร้างต้นทุนการขนส่งอ้อยในพื้นที่ศึกษาเดียวกันกับการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า ค่าเสื่อมราคารถบรรทุกโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 22,207 บาทต่อคันต่อปี

- ค่าภาษีป้ายทะเบียนรถบรรทุก

การลดเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อยส่งผลให้ปริมาณความต้องการใช้รถบรรทุกเพื่อการขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลลดลง ดังนั้นจึงสามารถลดค่าภาษีป้ายทะเบียนรถบรรทุกลงได้ ค่าภาษีป้ายทะเบียนรถบรรทุกโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 7,901 บาทต่อคันต่อปี (พรชัย ท้วมปาน 2545)

- ค่า พ.ร.บ.

การลดเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อยส่งผลให้ปริมาณความต้องการใช้รถบรรทุกเพื่อการขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลลดลง ดังนั้นจึงสามารถลดค่า พ.ร.บ. ของรถบรรทุกลงได้ ค่า พ.ร.บ. โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 4,058 บาทต่อคันต่อปี (พรชัย ท้วมปาน 2545)

- ค่าประกันภัยของรถบรรทุก

การลดเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อยส่งผลให้ปริมาณความต้องการใช้รถบรรทุกเพื่อการขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลลดลง ดังนั้นจึงสามารถลดค่าประกันภัยของรถบรรทุกลงได้ ค่าประกันภัยของรถบรรทุกโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 13,291 บาทต่อคันต่อปี (พรชัย ท้วมปาน 2545)

- ค่าจ้างคนขับรถบรรทุก

การลดเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อยส่งผลให้ปริมาณความต้องการใช้รถบรรทุกเพื่อการขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลลดลง ดังนั้นจึงสามารถประหยัดค่าจ้างคนขับรถบรรทุกลงได้ ค่าจ้างคนขับรถบรรทุกโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 47,937 บาทต่อคันต่อปี (พรชัย ท้วมปาน 2545)

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองสถานการณ์โดยการจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลงได้ค่าระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยมีค่าเท่ากับ 796 นาที และใช้เวลาในกระบวนการขนส่งอ้อย 656 นาที ดังแสดงในตารางที่ 7.4 ในขณะที่ก่อนการเปลี่ยนแปลงการจัดตารางเวลาการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลค่าระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยมีค่าเท่ากับ 948 นาที และใช้เวลาในกระบวนการขนส่งอ้อย 807 นาที ดังนั้นการจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลงสามารถลดระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยลงได้เท่ากับ 152 นาทีคิดเป็นร้อยละ 16.03 หรือพิจารณาเป็นปริมาณน้ำตาลที่สูญเสียลดลงจากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 7.2 และสมการที่ 7.1 ถึง 7.5 จะได้เท่ากับ 164.598 ตัน คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 990,551 บาท (จากราคาน้ำตาลทรายดิบ 6,018 บาทต่อตัน)

ตารางที่ 7.4 เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานกิจกรรมต่าง ๆ ของการเก็บเกี่ยวและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลง

กิจกรรม	เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานกิจกรรม (นาที)
การเก็บเกี่ยวอ้อย	280
การขึ้นอ้อย	201
การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล	76
การนำอ้อยเข้ากระบวนการหีบอ้อย	341
การนำรถบรรทุกกลับไปที่ไร่	38
รวมเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อย	656

การจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลงยังสามารถลดเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อยลงเท่ากับ 151 นาที หรือกล่าวได้ว่าสามารถใช้งานรถบรรทุกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยลดเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อยลงร้อยละ 18.71 ทำให้สามารถลดปริมาณรถบรรทุกที่ต้องการใช้ลงจาก 1664 คัน เหลือเพียง 1353 คัน นั่นคือลดปริมาณรถบรรทุกที่ต้องใช้ลงได้ 311 คัน ซึ่งพิจารณาเป็นค่าใช้จ่ายที่ลดลงเท่ากับ 29,667,534 บาท ซึ่งเป็นมูลค่าที่สะท้อนการสูญเสียโอกาส (Opportunities Loss) ที่เกิดจากการใช้รถบรรทุกอย่างไม่มีประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 7.5

ตารางที่ 7.5 ผลการวิเคราะห์มูลค่าความสูญเสียที่ลดลงโดยการจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลอันเป็นผลจากการลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลง

ความสูญเสียที่ลดลงได้	มูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ (บาท/ปี)
ปริมาณน้ำตาลที่สูญเสียไปเนื่องจากค่า CCS ที่ลดลง	990,551
ค่าเสื่อมราคารถบรรทุก	6,906,377
ค่าภาษีป้ายทะเบียนรถบรรทุก	2,457,211
ค่า พ.ร.บ.	1,262,038
ค่าประกันภัยของรถบรรทุก	4,133,501
ค่าจ้างคนขับรถบรรทุก	14,908,407
รวม	30,658,085

7.1.2 การจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว

การศึกษาข้อมูลฤดูกาลผลิต 2545/46 พบว่ามีอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาลเฉลี่ยวันละ 12,429 ตัน ปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวในแต่ละวันของแต่ละเขตส่งเสริมที่เก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว แสดงดังภาคผนวก ฎ ตารางที่ ฎ.1 ถึง ฎ.6

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองสถานการณ์โดยการจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวได้ค่าระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยมีค่าเท่ากับ 750 นาที และใช้เวลาในกระบวนการขนส่งอ้อย 609 นาที ดังแสดงในตารางที่ 7.6 ในขณะที่ก่อนการเปลี่ยนแปลงการจัดตารางเวลาการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลค่าระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยมีค่าเท่ากับ 948 นาที และใช้เวลาในกระบวนการขนส่งอ้อย 807 นาที ดังนั้นการจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวสามารถลดระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยลงได้เท่ากับ 198 นาทีคิดเป็นร้อยละ 20.89 หรือพิจารณาเป็นปริมาณน้ำตาลที่สูญเสียลดลงจากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 7.2 และสมการที่ 7.1 ถึง 7.5 จะได้เท่ากับ 214.411 ตัน คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 1,290,325 บาท (จากราคาน้ำตาลทรายดิบ 6,018 บาทต่อตัน)

ตารางที่ 7.6 เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานกิจกรรมต่าง ๆ ของการเก็บเกี่ยวและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว

กิจกรรม	เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานกิจกรรม (นาที)
การเก็บเกี่ยวอ้อย	281
การขึ้นอ้อย	201
การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล	76
การนำอ้อยเข้ากระบวนการหีบอ้อย	294
การนำรถบรรทุกกลับไปที่ไร่	38
รวมเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อย	609

การจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวยังสามารถลดเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อยลงเท่ากับ 198 นาที หรือกล่าวได้ว่าสามารถใช้งานรถบรรทุกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยลดเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อยลงร้อยละ 24.54 ทำให้สามารถลดปริมาณรถบรรทุกที่ต้องการใช้ลงจาก 1664 คัน เหลือเพียง 1256 คัน นั่นคือลดปริมาณรถบรรทุกที่ต้องใช้ลงได้ 408 คัน ซึ่งพิจารณาเป็นค่าใช้จ่ายที่ลดลงเท่ากับ 38,920,752 บาท ซึ่งเป็นมูลค่าที่สะท้อนการสูญเสียโอกาส (Opportunities Loss) ที่เกิดจากการใช้รถบรรทุกอย่างไม่มีประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 7.7

ตารางที่ 7.7 ผลการวิเคราะห์มูลค่าความสูญเสียที่ลดลงโดยการจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลอันเป็นผลจากการเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว

ความสูญเสียที่ลดลงได้	มูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ (บาท/ปี)
ปริมาณน้ำตาลที่สูญเสียไปเนื่องจากค่า CCS ที่ลดลง	1,290,325
ค่าเสื่อมราคารถบรรทุก	9,060,456
ค่าภาษีป้ายทะเบียนรถบรรทุก	3,223,608
ค่า พ.ร.บ.	1,655,664
ค่าประกันภัยของรถบรรทุก	5,422,728
ค่าจ้างคนขับรถบรรทุก	19,558,296
รวม	40,211,077

ผลสรุปของการลดความสูญเสียที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองสถานการณ์โดยการจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลด้วยแนวทางต่าง ๆแสดงดังตารางที่ 7.8 7.9 และ 7.10 และรูปที่ 7.4 7.5 และ 7.6

ตารางที่ 7.8 ผลการวิเคราะห์การลดลงของเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยอันเป็นผลจากการจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล

แนวทางเลือก	ระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย (นาที)	ระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยที่ลดลง (นาที)	ร้อยละที่ลดลงได้
การจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลง	796	152	16.03
การจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว	750	198	20.89

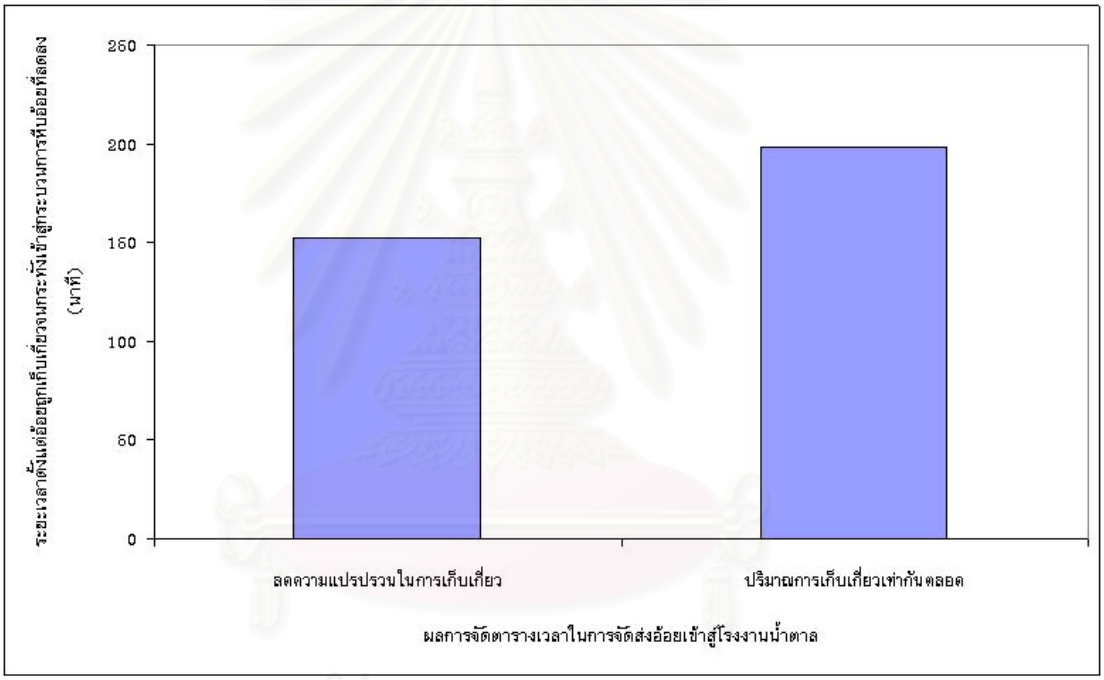
ตารางที่ 7.9 ผลการวิเคราะห์การลดลงของเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อยอันเป็นผลจากการจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล

แนวทางเลือก	ระยะเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อย (นาที)	ระยะเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อยที่ลดลง (นาที)	ร้อยละที่ลดลงได้
การจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลง	656	151	18.71
การจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว	609	198	24.54

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

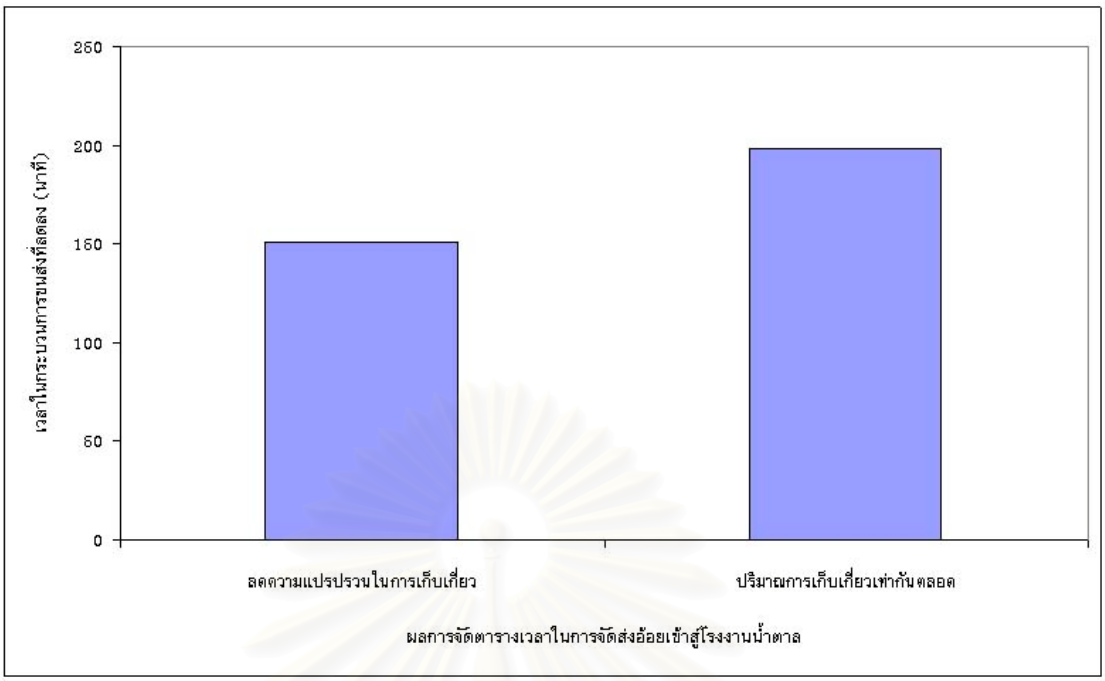
ตารางที่ 7.10 ผลการวิเคราะห์การลดลงของมูลค่าความสูญเสียอันเป็นผลจากการจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล

แนวทางเลือก	มูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ (บาท/ปี)
การจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลง	30,658,085
การจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว	40,211,077

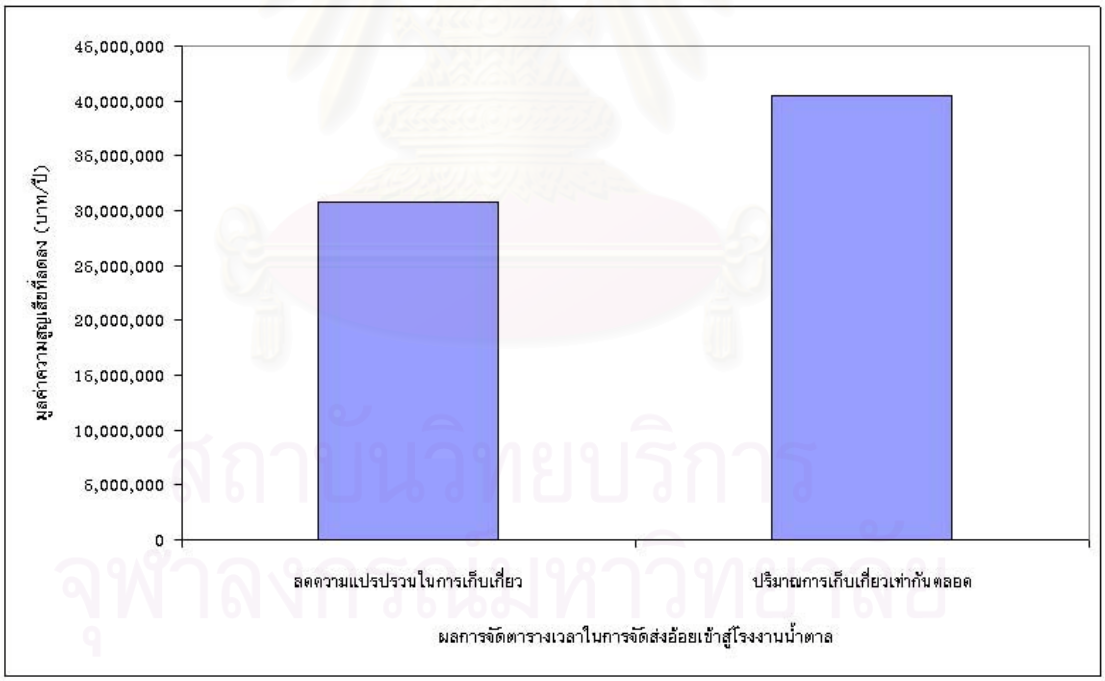


รูปที่ 7.4 ผลการวิเคราะห์การลดลงของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยอันเป็นผลจากการจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.5 ผลการวิเคราะห์การลดลงของระยะเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อยอันเป็นผลจากการจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล



รูปที่ 7.6 ผลการวิเคราะห์การลดลงของมูลค่าความสูญเสียอันเป็นผลจากการจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2 การปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อย

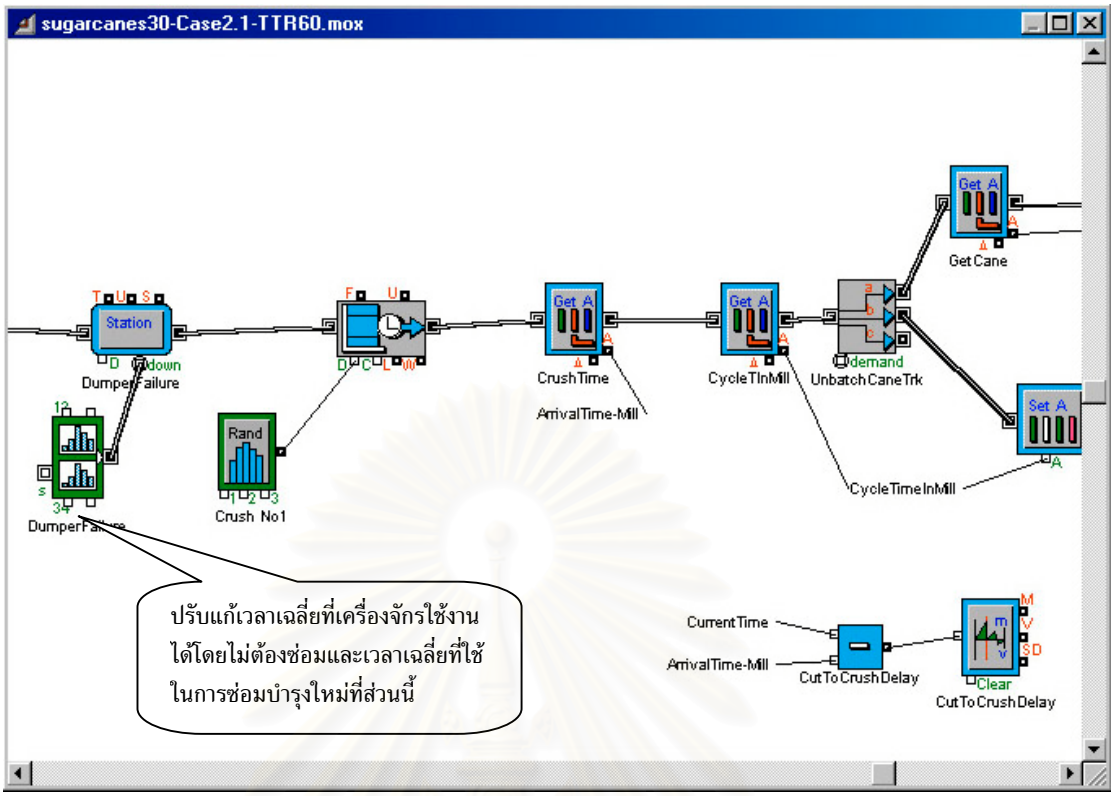
จากการศึกษาข้อมูลของระบบหีบอ้อยในโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาพบว่า เวลาที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อม และเวลาที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักรมีการกระจายตัวแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล โดยเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมและเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักรมีค่าเท่ากับ 1451 และ 72.4 นาที ตามลำดับ การปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อยโดยเพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมและลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมบำรุงลง ไม่ว่าจะด้วยการเฝ้าระวังเหตุการณ์ที่อาจจะก่อให้เกิดการเสียของเครื่องจักรมากขึ้น การรายงานผลของการเกิดเหตุการณ์เครื่องจักรเสียให้เร็วขึ้น การเดินทางเข้ามาทำการซ่อมของเจ้าหน้าที่ช่างซ่อมเครื่องจักรที่เร็วขึ้น การที่เจ้าหน้าที่ช่างซ่อมทำการซ่อมเครื่องจักรให้ใช้งานได้เร็วขึ้น และการค้นหาอะไหล่ที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักรให้เร็วขึ้น

ดังนั้น การปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อย โดยเพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อม และลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมบำรุงลง น่าจะช่วยลดความล่าช้าของเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยได้ จึงทำการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองสถานการณ์ โดยแยกทดสอบเป็น 2 กรณี ดังนี้

- เพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมและลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมบำรุงลง 1510 และ 60 นาที ตามลำดับ
- เพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมและลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมบำรุงลง 1570 และ 50 นาที ตามลำดับ

การปรับแก้เวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมและเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมบำรุงใหม่จะกระทำในส่วนของแบบจำลองในส่วนของโรงงานน้ำตาล ดังรูปที่ 7.7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.7 การปรับแก้เวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมและเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมบำรุงใหม่

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองสถานการณ์โดยเพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมและลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมบำรุงลงเป็น 2 กรณีข้างต้น แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยมีค่าลดลงเป็น 896 และ 879 นาที ตามลำดับ และใช้เวลาในกระบวนการขนส่งอ้อย 755 และ 738 นาที ดังแสดงในตารางที่ 7.11 และ 7.12 ตามลำดับ ในขณะที่แต่เดิมนั้น ระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยมีค่าเท่ากับ 948 นาที และใช้เวลาในกระบวนการขนส่งอ้อย 807 นาที ดังนั้นการเพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมและลดเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการซ่อมบำรุงลงทั้ง 2 กรณีสามารถลดระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยลงได้เท่ากับ 52 และ 69 นาที ตามลำดับ และคิดเป็นร้อยละ 5.49 และ 7.28 ตามลำดับ หรือพิจารณาเป็นปริมาณน้ำตาลที่สูญเสียลดลงจากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 7.2 และสมการที่ 7.1 ถึง 7.5 จะได้เท่ากับ 56.310 และ 74.719 ตัน ตามลำดับ คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 338,874 และ 449,659 บาท ตามลำดับ (จากราคาน้ำตาลทรายดิบ 6,018 บาทต่อตัน)

ตารางที่ 7.11 เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานกิจกรรมต่างๆ ของการเก็บเกี่ยวและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยการเพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมและลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมบำรุงลงเท่ากับ 1510 และ 60 นาที

กิจกรรม	เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานกิจกรรม (นาที)
การเก็บเกี่ยวอ้อย	281
การขึ้นอ้อย	201
การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล	76
การนำอ้อยเข้ากระบวนการหีบอ้อย	440
การนำรถบรรทุกกลับไปที่ไร่	38
รวมเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อย	755

ตารางที่ 7.12 เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานกิจกรรมต่างๆ ของการเก็บเกี่ยวและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยการเพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมและลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมบำรุงลงเท่ากับ 1570 และ 50 นาที

กิจกรรม	เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานกิจกรรม (นาที)
การเก็บเกี่ยวอ้อย	281
การขึ้นอ้อย	201
การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล	76
การนำอ้อยเข้ากระบวนการหีบอ้อย	423
การนำรถบรรทุกกลับไปที่ไร่	38
รวมเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อย	738

การจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยการเพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมและลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมบำรุงลงทั้ง 2 กรณี ยังสามารถลดเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อยลงเท่ากับ 52 และ 69 นาที ตามลำดับ หรือกล่าวได้ว่าสามารถใช้งานรถบรรทุกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยลดเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อยลงร้อยละ 6.44 และ 8.55 ตามลำดับ ทำให้สามารถลดปริมาณรถบรรทุกที่ต้องการใช้ลงจาก 1664 คัน เหลือเพียง 1557 และ 1522 คัน ตามลำดับ นั่นคือลดปริมาณรถบรรทุกที่ต้องใช้ลงได้ 107 และ 142 คัน ตามลำดับ ซึ่งพิจารณาเป็นค่าใช้จ่ายที่ลดลงเท่ากับ 10,207,158 และ 13,545,948 บาท ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 7.13 และ 7.14 ตามลำดับ

ตารางที่ 7.13 ผลการวิเคราะห์การลดลงของมูลค่าความสูญเสียอันเป็นผลจากการปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อยให้เพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมและลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมบำรุงลงเท่ากับ 1510 และ 60 นาที

ความสูญเสียที่ลดลงได้	มูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ (บาท/ปี)
ปริมาณน้ำตาลที่สูญเสียไปเนื่องจากค่า CCS ที่ลดลง	338,874
ค่าเสื่อมราคารถบรรทุก	2,376,149
ค่าภาษีป้ายทะเบียนรถบรรทุก	845,407
ค่า พ.ร.บ.	434,206
ค่าประกันภัยของรถบรรทุก	1,422,137
ค่าจ้างคนขับรถบรรทุก	5,129,259
รวม	10,546,032

ตารางที่ 7.14 ผลการวิเคราะห์การลดลงของมูลค่าความสูญเสียอันเป็นผลจากการปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อยให้เพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมและลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมบำรุงลงเท่ากับ 1570 และ 50 นาที

ความสูญเสียที่ลดลงได้	มูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ (บาท/ปี)
ปริมาณน้ำตาลที่สูญเสียไปเนื่องจากค่า CCS ที่ลดลง	449,659
ค่าเสื่อมราคารถบรรทุก	3,153,394
ค่าภาษีป้ายทะเบียนรถบรรทุก	1,121,942
ค่า พ.ร.บ.	576,236
ค่าประกันภัยของรถบรรทุก	1,887,322
ค่าจ้างคนขับรถบรรทุก	6,807,054
รวม	13,995,607

ผลสรุปของการลดความสูญเสียที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองสถานการณ์โดยการปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อย แสดงดังตารางที่ 7.15 7.16 และ 7.17 และรูปที่ 7.8 7.9 และ 7.10

ตารางที่ 7.15 ผลการวิเคราะห์การลดลงของเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยอันเป็นผลจากการปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อย

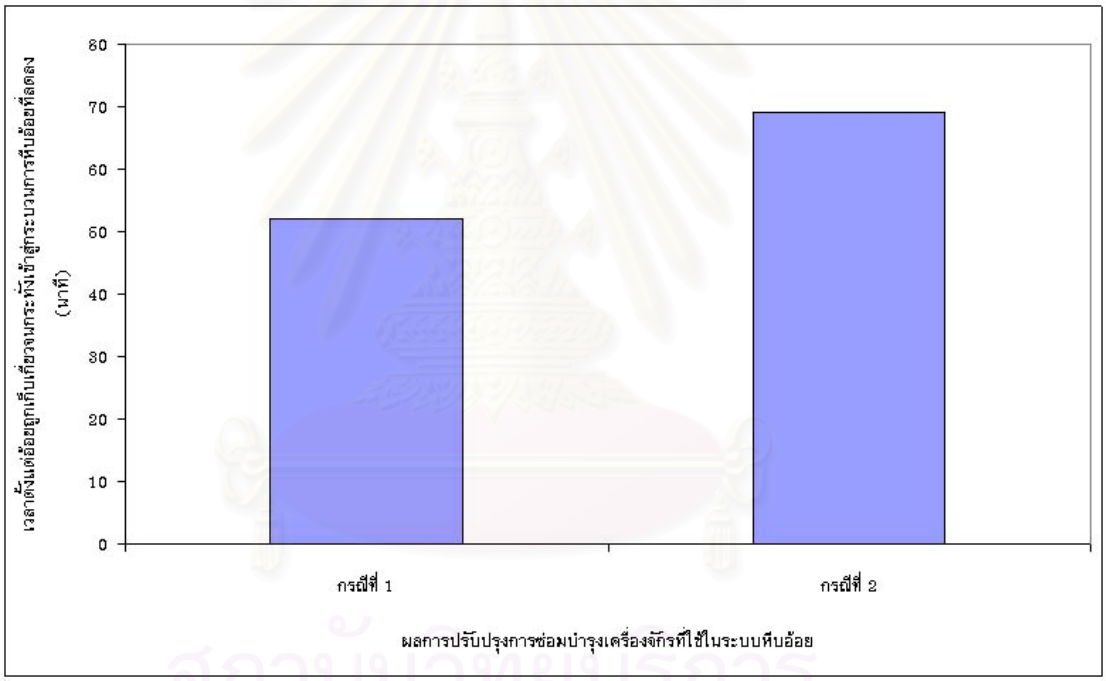
แนวทางเลือก	ระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย (นาที)	ระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยที่ลดลง (นาที)	ร้อยละที่ลดลงได้
เพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมเป็น 1,510 นาที และลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักรลงเป็น 60 นาที	896	52	5.49
เพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมเป็น 1,570 นาที และลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักรลงเป็น 50 นาที	879	69	7.28

ตารางที่ 7.16 ผลการวิเคราะห์การลดลงของเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อยอันเป็นผลจากการปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อย

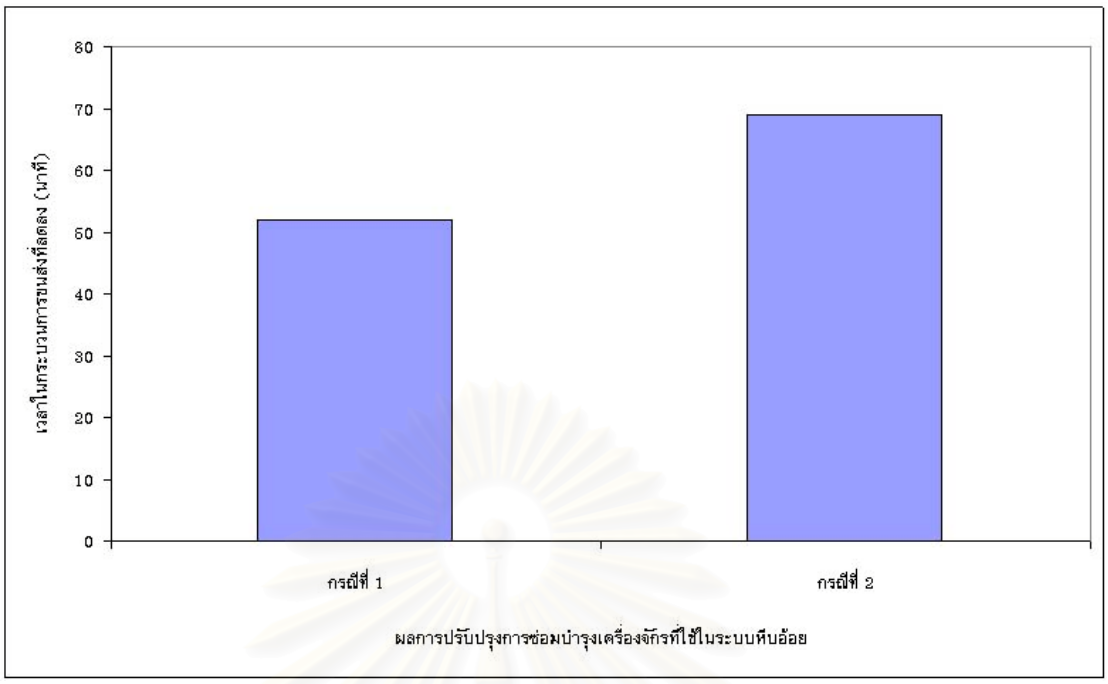
แนวทางเลือก	ระยะเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อย (นาที)	ระยะเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อยที่ลดลง (นาที)	ร้อยละที่ลดลงได้
เพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมเป็น 1,510 นาที และลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักรลงเป็น 60 นาที	755	52	6.44
เพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมเป็น 1,570 นาที และลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักรลงเป็น 50 นาที	738	69	8.55

ตารางที่ 7.17 ผลการวิเคราะห์การลดลงของมูลค่าความสูญเสียอันเป็นผลจากการปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อย

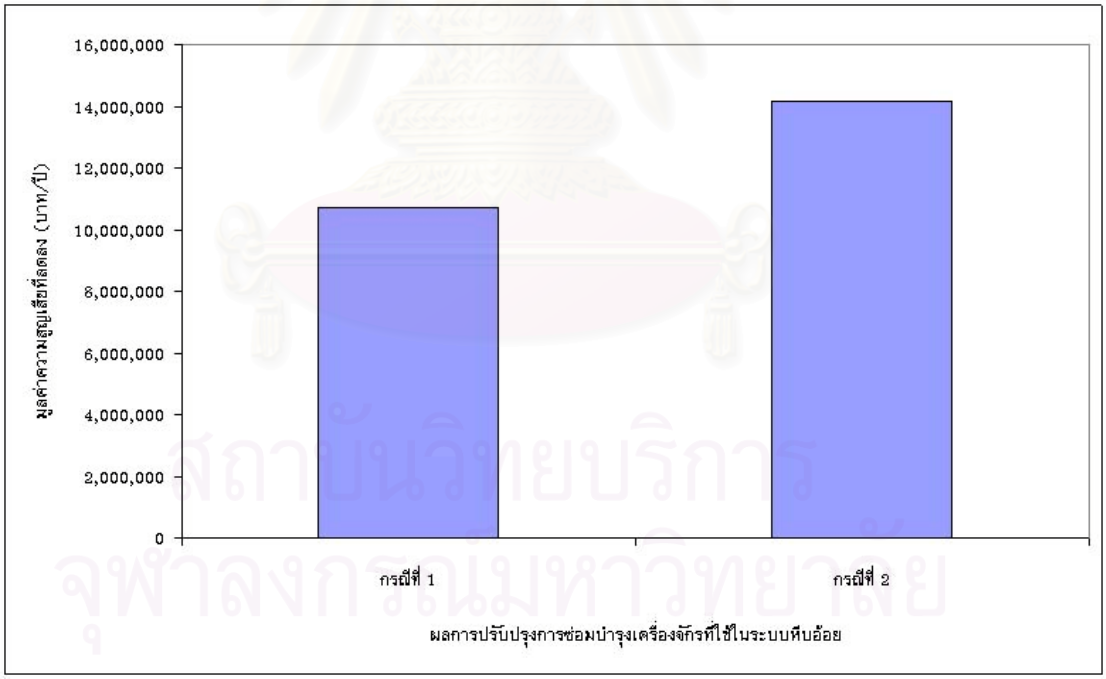
แนวทางเลือก	มูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ (บาท/ปี)
เพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมเป็น 1,510 นาที และลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักรลงเป็น 60 นาที	10,546,032
เพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมเป็น 1,570 นาที และลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักรลงเป็น 50 นาที	13,995,607



รูปที่ 7.8 ผลการวิเคราะห์การลดลงของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยอันเป็นผลจากการปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อย



รูปที่ 7.9 ผลการวิเคราะห์การลดลงของระยะเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อยอันเป็นผลจากการปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อย



รูปที่ 7.10 ผลการวิเคราะห์การลดลงของมูลค่าความสูญเสียอันเป็นผลจากการปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อย

7.3 การนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคน

การใช้รถตัดอ้อยในการเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นวิธีการเก็บเกี่ยวและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกที่มีความรวดเร็วสูงเนื่องจากรถตัดอ้อยจะตัดอ้อยและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกไปพร้อมกันโดยใช้เวลาแค่ประมาณ 60 นาทีก็สามารถขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกได้เต็มคันรถ (ประมาณ 16.5 ตัน)

การใช้รถตัดอ้อยในการเก็บเกี่ยวอ้อยให้ได้คุ้มค่าจำเป็นต้องมีปริมาณอ้อยให้เก็บเกี่ยวมากพอและการปลูกอ้อยต้องวางแผนให้เหมาะสมกับการใช้รถตัด กล่าวคือ ปลูกอ้อยเป็นแถวยาวเพียงพอมีระยะห่างระหว่างร่องที่เหมาะสมและปรับปรุงระดับพื้นดินให้มีความเหมาะสมกับการใช้รถตัดอ้อย แต่เนื่องจากการเพาะปลูกอ้อยในประเทศไทยมีจำนวนชาวไร่ผู้ปลูกอ้อยจำนวนมากและแต่ละรายมีอ้อยมากน้อยแตกต่างกันไป จึงทำให้การใช้รถตัดอ้อยในประเทศไทยไม่เป็นที่นิยม

การใช้รถตัดอ้อยให้ได้ประโยชน์สูงสุดนั้น จำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือกันระหว่างชาวไร่ในการจัดการการใช้งานรถตัดอ้อยในไร่แต่ละแปลงของชาวไร่ ไม่ว่าจะเป็นการวางแผนการปลูกอ้อยรวมกันเพื่อระดับพื้นดินและร่องอ้อยมีความเหมาะสมกับการใช้รถตัดอ้อย หรือการวางแผนการตัดอ้อยว่าจะเก็บเกี่ยวอ้อยในแปลงใด ณ เวลานั้น หากความร่วมมือกันในการใช้รถตัดอ้อยประสบความสำเร็จก็มีแนวโน้มที่จะลดความสูญเสียที่เกิดจากการใช้ประโยชน์รถบรรทุก เครื่องมือและแรงงานคนในกระบวนการเก็บเกี่ยวและการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ไม่เต็มประสิทธิภาพได้ เนื่องจากการจัดการที่ดีขึ้นเนื่องจากความร่วมมือกัน

การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองสถานการณ์ถึงผลของการนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคน โดยกำหนดให้ทุกเขตส่งเสริมเปลี่ยนมาใช้รถตัดอ้อยในการเก็บเกี่ยวอ้อยทั้งหมด เมื่อพิจารณาจากความเหมาะสมของปริมาณอ้อยที่ต้องทำการเก็บเกี่ยวในแต่ละเขตส่งเสริมแล้วกำหนดให้แต่ละเขตส่งเสริมมีจำนวนรถตัดอ้อยแสดงดังตารางที่ 7.18 และลดจำนวนการใช้รถบรรทุกลงเพื่อความเหมาะสมเนื่องจากรถบรรทุกที่จะนำมาใช้บรรทุกอ้อยรถตัดจำเป็นต้องดัดแปลงให้บรรทุกอ้อยรถตัดได้เสียก่อนโดยการติดตะแกรงเหล็กด้านท้ายรถดังรูปที่ 7.11 จากการทดลองพบว่าจำนวนรถบรรทุกที่เหมาะสมในการใช้กับรถตัดอ้อยในแต่ละเขตส่งเสริมดังแสดงในตารางที่ 7.19 เนื่องจากรถบรรทุกอ้อยรถตัดสามารถบรรทุกอ้อยรถตัดได้เพียงเฉลี่ยเที่ยวละ 16.5 ตัน ดังนั้นปริมาณอ้อยที่เกี่ยวเก็บในแต่ละวันของแต่ละเขตส่งเสริมที่อยู่ในรูปของคันรถแสดงในภาคผนวก ฏ ดังตารางที่ ฏ.1 ถึง ฏ.5

ตารางที่ 7.18 จำนวนรถตัดอ้อยที่เหมาะสมตามปริมาณอ้อยที่ต้องเก็บเกี่ยวในแต่ละเขตส่งเสริม

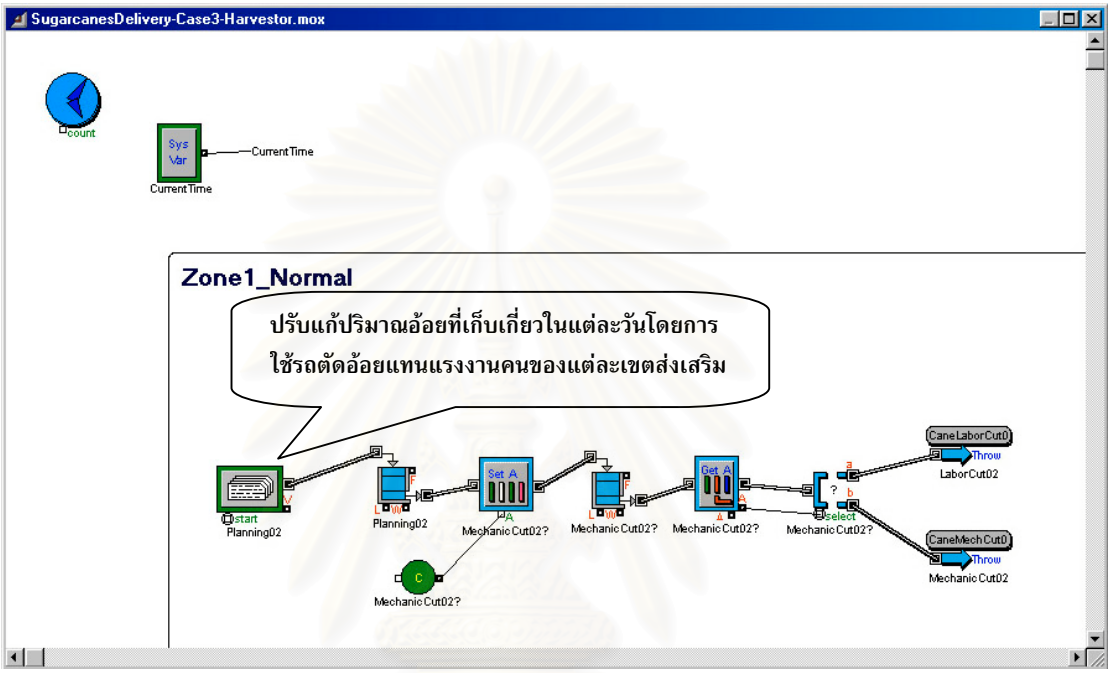
เขตส่งเสริม	จำนวนรถตัดอ้อย
1	7
2	62
3	50
4	15
5	3

รูปที่ 7.11 รถบรรทุกที่ใช้บรรทุกอ้อยรถตัด

ตารางที่ 7.19 จำนวนรถบรรทุกที่เหมาะสมในการใช้กับรถตัดอ้อยในแต่ละเขตส่งเสริม

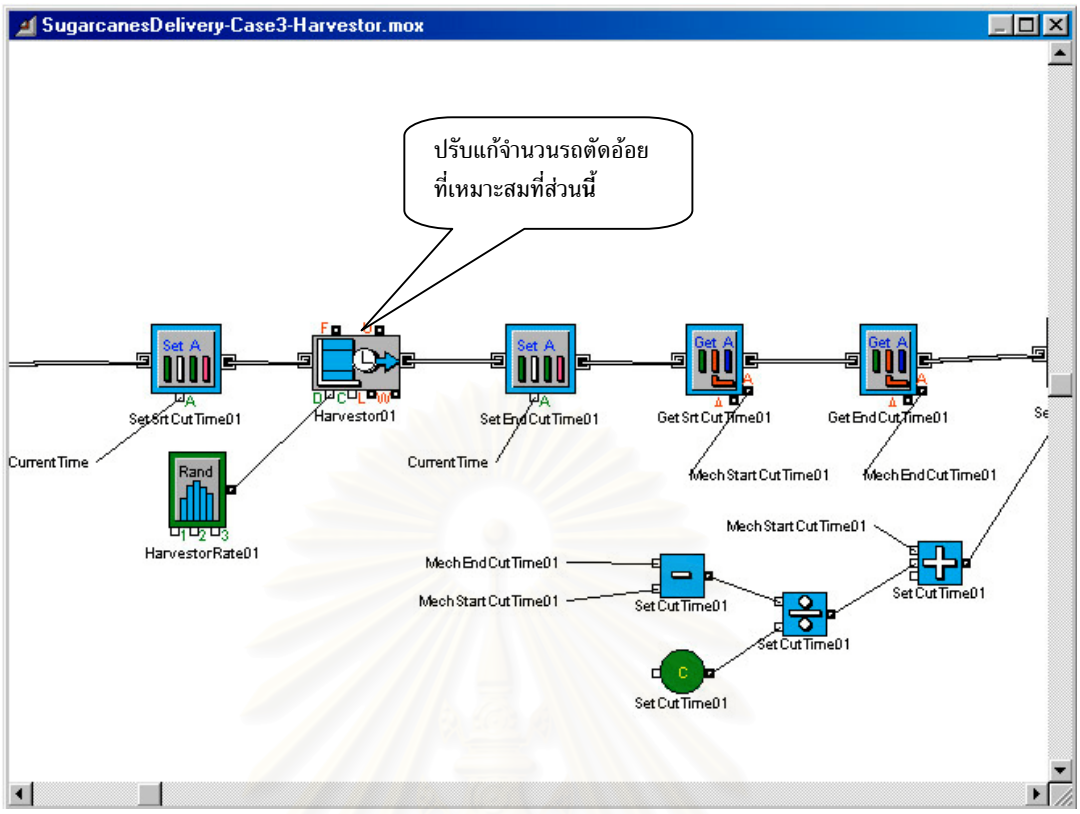
เขตส่งเสริม	จำนวนรถบรรทุกเดิม (คัน)	จำนวนรถบรรทุกที่เหมาะสมในการใช้กับรถตัดอ้อย (คัน)
1	86	46
2	670	445
3	557	341
4	316	107
5	35	16

การปรับแก้ปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวในแต่ละวันของแต่ละเขตส่งเสริมโดยการใช้รถตัดอ้อยแทนแรงงานคน จะกระทำในส่วนของแบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งส่วนที่ 1 ดังรูปที่ 7.12 การปรับแก้จำนวนรถตัดอ้อยที่เหมาะสมตามปริมาณอ้อยที่ต้องเก็บเกี่ยวในแต่ละเขตส่งเสริมจะกระทำในส่วนของแบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งส่วนที่ 2 ดังรูปที่ 7.13 และการปรับแก้จำนวนรถบรรทุกที่เหมาะสมในการใช้กับรถตัดอ้อยในแต่ละเขตส่งเสริมจะกระทำในส่วนของแบบจำลองในส่วนของไร่และการขนส่งส่วนที่ 5 ดังรูปที่ 7.14

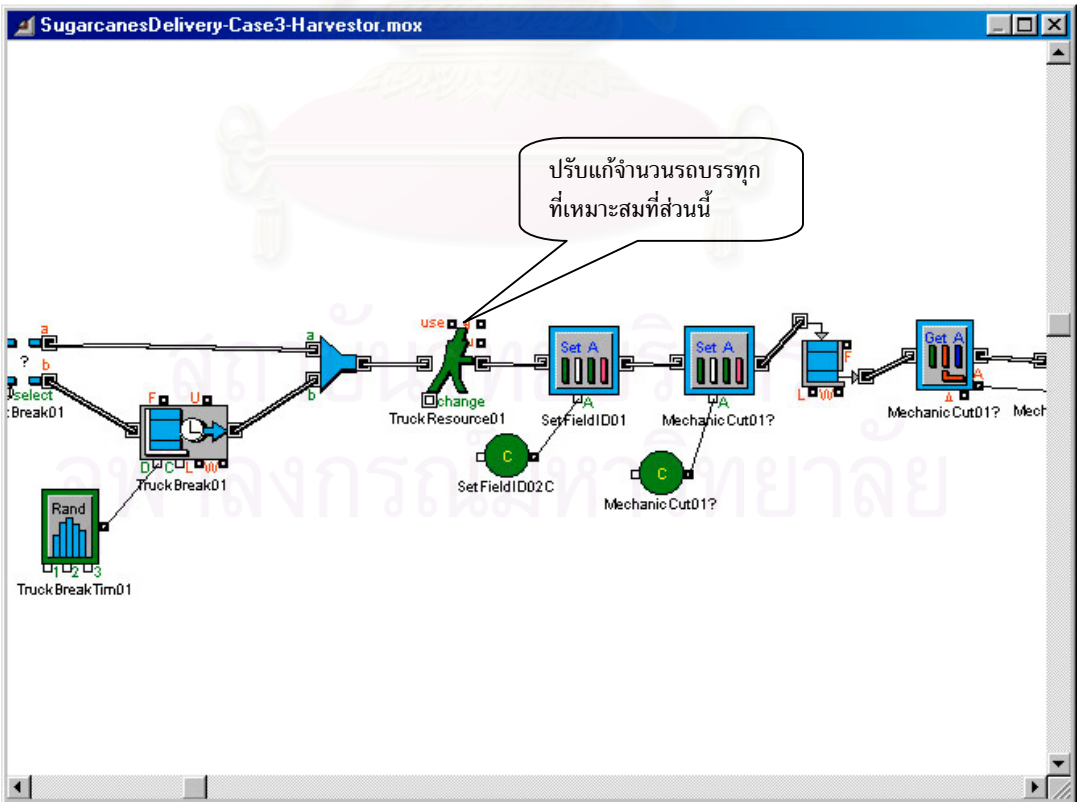


รูปที่ 7.12 การปรับแก้ปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยการใช้รถตัดอ้อยแทนแรงงานคนของแต่ละเขตส่งเสริม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.13 การปรับแก้จำนวนรถตัดอ้อยที่เหมาะสมตามปริมาณอ้อยที่ต้องเก็บเกี่ยวของแต่ละเขตส่งเสริม



รูปที่ 7.14 การปรับแก้จำนวนรถบรรทุกที่เหมาะสมในการใช้กับรถตัดอ้อยของแต่ละเขตส่งเสริม

ผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองสถานการณ์ในการนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคน ได้ค่าระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยมีค่าเท่ากับ 555 นาที และใช้เวลาในกระบวนการขนส่งอ้อย 585 นาที ดังแสดงในตารางที่ 7.20 พิจารณา ค่าเฉลี่ย CCS ของอ้อยที่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาที่มีระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 943 นาทีซึ่งค่าเท่ากับ 10.34 เมื่อคำนวณหาค่า CCS ณ เวลาเริ่มตัดใหม่จากตารางที่ 7.2 จะได้ค่า CCS ณ เวลาเพิ่งตัดใหม่มีค่าเท่ากับ 10.41 ดังนั้นค่า CCS ของอ้อยรถตัดที่มีระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยเท่ากับ 555 นาที โดยคำนวณจากตารางที่ 7.3 มีค่าเท่ากับ 10.31 หรือมีค่า CCS ลดลงจากปกติเท่ากับ 0.03 ซึ่งคิดเป็นปริมาณน้ำตาลที่สูญเสียไปเท่ากับ 443.553 ตัน หรือคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 2,669,302 บาท (จากราคาน้ำตาลทรายดิบ 6,018 บาทต่อตัน)เหตุที่ความล่าช้าของระยะเวลาตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยลดลงแต่เกิดความสูญเสียน้ำตาลไปเนื่องจากอ้อยที่เก็บเกี่ยวโดยรถตัดอ้อยจะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพความหวาน (CCS) ลดลงมากกว่าอ้อยคนตัด

ตารางที่ 7.20 เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานกิจกรรมต่างๆ ของการเก็บเกี่ยวและจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยการนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคน

กิจกรรม	เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานกิจกรรม (นาที)
การเก็บเกี่ยวและการขึ้นอ้อย	60
การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล	74
การนำอ้อยเข้ากระบวนการหีบอ้อย	413
การนำรถบรรทุกกลับไปที่ไร่	38
รวมเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อย	585

เนื่องจากการนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคนมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนทรัพยากรที่สำคัญหลายส่วน ไม่ว่าจะเป็น จำนวนรถตัดอ้อย จำนวนรถบรรทุก จำนวนแรงงานคนตัดอ้อย จำนวนแรงงานคนขึ้นอ้อย และจำนวนรถคีบอ้อย ดังนั้นจึงมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นและลดลงหลายอย่าง ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ ปริมาณน้ำตาลที่สูญเสียไปเนื่องจากค่า CCS ที่ลดลง ต้นทุนรถตัดอ้อย ค่าใช้จ่ายของการใช้งานรถตัดอ้อย ค่าใช้จ่ายในการดัดแปลงรถบรรทุกให้บรรทุกอ้อยรถตัดได้ และค่าใช้จ่ายในการใช้งานรถบรรทุก ส่วนค่าใช้จ่ายที่ลดลง ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของรถบรรทุก ค่าใช้จ่ายในการจัดหาแรงงาน ค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานตัดอ้อย ค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานขึ้นอ้อย ค่าใช้จ่ายในการใช้รถคีบอ้อย ค่าใช้จ่ายค่าภาษีป้ายทะเบียนรถบรรทุก ค่า พ.ร.บ. และค่าใช้จ่ายค่าประกันภัยรถบรรทุก โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ปริมาณน้ำตาลที่สูญเสียไปเนื่องจากค่า CCS ที่ลดลง

ปริมาณน้ำตาลที่สูญเสียไปเนื่องจากค่า CCS ที่ลดลงไป 0.03 มีมูลค่าเท่ากับ 2,669,302 บาทต่อปี

- ต้นทุนรถตัดอ้อยที่เพิ่มขึ้น

จำนวนรถตัดอ้อยที่ต้องนำเข้ามาใช้เพิ่มเติมจากที่มีอยู่แล้ว 3 คันมีจำนวนเท่ากับ 134 คัน โดยรถตัดอ้อย 1 คันราคาประมาณ 5,000,000 บาทซึ่งคิดเป็นมูลค่า 670,000,000 บาทและมีอายุการใช้งาน 10 ปี ค่าเสื่อมราคาเท่ากับร้อยละสิบ ดังนั้น ต้นทุนรถตัดอ้อยที่เพิ่มขึ้นใน 1 ปี จึงมีค่าเท่ากับ 67,000,000 บาทต่อปี

- ค่าใช้จ่ายของการใช้งานรถตัดอ้อยที่เพิ่มขึ้น

พรชัย ท้วมปาน (2545) ทำการศึกษาโครงสร้างต้นทุนการขนส่งอ้อยในพื้นที่ศึกษาเดียวกันกับการศึกษาครั้งนี้โดยสรุปว่า ค่าใช้จ่ายของการใช้งานรถตัดอ้อยมีค่าเท่ากับ 58.04 บาทต่อตันซึ่งประกอบไปด้วยค่ายางรถตัดอ้อย ค่าจ้างคนขับรถตัดอ้อย ค่าจ้างคนเรียงและเก็บอ้อย ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าพนักงานซ่อมบำรุงและค่าบำรุงรักษารถตัดอ้อย ปริมาณอ้อยที่ต้องตัดทั้งหมดมีปริมาณเท่ากับ 2,532,725.32 ตัน ดังนั้นค่าใช้จ่ายของการใช้งานรถตัดอ้อยมีมูลค่าเท่ากับ 146,999,378 บาทต่อปี

- ค่าใช้จ่ายในการดัดแปลงรถบรรทุกให้บรรทุกอ้อยรถตัดได้ที่เพิ่มขึ้น

จำนวนรถบรรทุกที่ต้องดัดแปลงให้บรรทุกอ้อยรถตัดได้มีจำนวนเท่ากับ 936 คัน โดยที่มีค่าใช้จ่ายในการดัดแปลงรถบรรทุกคันละประมาณ 18,000 บาท ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการดัดแปลงรถบรรทุกให้บรรทุกอ้อยรถตัดได้มีมูลค่าเท่ากับ 16,848,000 บาท

- ค่าใช้จ่ายในการใช้งานรถบรรทุกที่เพิ่มขึ้น

การจัดส่งอ้อยรถตัดจะต้องจัดส่งอ้อยด้วยจำนวนเที่ยวที่มากกว่าอ้อยคนตัดเนื่องจากรถบรรทุกที่บรรทุกอ้อยรถตัดบรรทุกอ้อยได้น้อยกว่ารถบรรทุกอ้อยคนตัด การนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคนทำให้ต้องจัดส่งอ้อยเข้าโรงงานเพิ่มขึ้น 25,087 เที่ยว ค่าใช้จ่ายในการใช้งานรถบรรทุกเฉลี่ยเท่ากับ 1,046 บาทต่อเที่ยว (พรชัย ท้วมปาน 2545) ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการใช้งานรถบรรทุกมีมูลค่ารวมเท่ากับ 26,241,002 บาทต่อปี

- ค่าเสื่อมราคาของรถบรรทุกที่ลดลง

การนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคนทำให้สามารถลดจำนวนการใช้รถบรรทุกได้เนื่องจากต้องร่วมมือกันวางแผนในการเก็บเกี่ยวทำให้สามารถใช้ทรัพยากรรถบรรทุกได้อย่างมี

ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นทำให้ค่าเสื่อมราคาของรถบรรทุกลดลง จากจำนวนรถบรรทุกที่ลดลงไปเท่ากับ 690 คันและค่าเสื่อมราคารถบรรทุกโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 22,207 ต่อคันต่อปี ดังนั้นค่าเสื่อมราคาของรถบรรทุกที่ลดลงมีมูลค่าเท่ากับ 15,322,830 บาทต่อปี

- ค่าใช้จ่ายในการจัดหาแรงงานที่ลดลง

การนำแรงงานมาใช้ในการเก็บเกี่ยวและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกมีค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการติดต่อแรงงาน ค่าใช้จ่ายในการไปรับส่งแรงงาน ค่าใช้จ่ายในการจัดหาที่พักแรงงาน และค่าใช้จ่ายในการดูแลความเป็นอยู่ของแรงงาน การนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคนทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดหาแรงงานหมดไป ค่าใช้จ่ายในการจัดหาแรงงานคนแบ่งออกเป็น 2 ประเภท (พรชัย ท้วมปาน 2545) คือ ค่าใช้จ่ายในการจัดหาแรงงานเก็บเกี่ยวแบบคนตัดและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกด้วยแรงงานคน และค่าใช้จ่ายในการจัดหาแรงงานเก็บเกี่ยวแบบคนตัดและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกด้วยรถคีบอ้อยโดยมีค่าใช้จ่ายในการจัดหาแรงงานเฉลี่ยเท่ากับ 8.66 และ 4.50 บาทต่อตัน ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณอ้อย 2,532725 ตันที่เก็บเกี่ยวในฤดูกาลเก็บเกี่ยวของพื้นที่ที่ใช้ศึกษามีการเก็บเกี่ยวแบบคนตัดและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกด้วยแรงงานคนเท่ากับร้อยละ 71 และการเก็บเกี่ยวแบบคนตัดและขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกด้วยรถคีบอ้อยเท่ากับร้อยละ 29 ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการจัดหาแรงงานที่ลดลงมีค่าเท่ากับ 18,877,922 บาทต่อปี

- ค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานตัดอ้อยที่ลดลง

การนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคนทำให้ค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานตัดอ้อยหมดไป ค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานตัดอ้อยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานตัดอ้อยสด และค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานตัดอ้อยไฟไหม้โดยมีค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานตัดอ้อยเฉลี่ยเท่ากับ 60 และ 50 บาทต่อตันตามลำดับ เนื่องจากปริมาณอ้อย 2,532,725 ตันที่เก็บเกี่ยวในฤดูกาลเก็บเกี่ยวของพื้นที่ที่ใช้ศึกษาเป็นอ้อยสดร้อยละ 55.96 และอ้อยไฟไหม้ร้อยละ 44.04 ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานตัดอ้อยที่ลดลงมีค่าเท่ากับ 140,809,397 บาทต่อปี

- ค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานขึ้นอ้อยที่ลดลง

การนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคนทำให้ค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานขึ้นอ้อยหมดไป ค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานขึ้นอ้อยเฉลี่ยเท่ากับ 59.63 บาทต่อตัน (พรชัย ท้วมปาน 2545) เนื่องจากปริมาณอ้อย 2,532,725 ตันที่เก็บเกี่ยวในฤดูกาลเก็บเกี่ยวของพื้นที่ที่ใช้ศึกษามีการขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกด้วยแรงงานคนเท่ากับร้อยละ 71 และขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกด้วยรถคีบอ้อยเท่ากับร้อยละ 29 ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานขึ้นอ้อยที่ลดลงมีมูลค่าเท่ากับ 107,228,752 บาทต่อปี

- ค่าใช้จ่ายในการใช้รถคีบอ้อยที่ลดลง

การนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคนทำให้ค่าใช้จ่ายในการใช้รถคีบอ้อยหมดไป ค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานขึ้นอ้อยเฉลี่ยเท่ากับ 30.15 บาทต่อตัน (พรชัย ท้วมปาน 2545) เนื่องจากปริมาณอ้อย 2,532,725 ตันที่เก็บเกี่ยวในฤดูกาลเก็บเกี่ยวของพื้นที่ที่ใช้ศึกษามีการขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกด้วยแรงงานคนเท่ากับร้อยละ 71 และขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกด้วยรถคีบอ้อยเท่ากับร้อยละ 29 ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานขึ้นอ้อยที่ลดลงมีมูลค่าเท่ากับ 22,144,884 บาทต่อปี

- ค่าใช้จ่ายค่าภาษีป้ายทะเบียนรถบรรทุกที่ลดลง

การนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคนทำให้สามารถลดจำนวนการใช้รถบรรทุกได้ เนื่องจากต้องร่วมมือกันวางแผนในการเก็บเกี่ยวทำให้สามารถใช้ทรัพยากรรถบรรทุกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นทำให้ค่าใช้จ่ายค่าภาษีป้ายทะเบียนรถบรรทุกลดลง จากจำนวนรถบรรทุกที่ลดลงไปเท่ากับ 690 คันและค่าภาษีป้ายทะเบียนปีละ 7,901 บาทต่อคันต่อปี ดังนั้นค่าใช้จ่ายค่าภาษีป้ายทะเบียนรถบรรทุกที่ลดลงมีมูลค่าเท่ากับ 5,451,690 บาทต่อปี

- ค่า พ.ร.บ. ที่ลดลง

การนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคนทำให้สามารถลดจำนวนการใช้รถบรรทุกได้ เนื่องจากต้องร่วมมือกันวางแผนในการเก็บเกี่ยวทำให้สามารถใช้ทรัพยากรรถบรรทุกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทำให้ค่าใช้จ่ายค่า พ.ร.บ. ลดลง จากจำนวนรถบรรทุกที่ลดลงไปเท่ากับ 690 คันและค่าใช้จ่ายค่า พ.ร.บ. เฉลี่ยปีละ 4,058 บาทต่อคันต่อปี (พรชัย ท้วมปาน 2545) ดังนั้นค่าใช้จ่ายค่า พ.ร.บ. ที่ลดลงมีมูลค่าเท่ากับ 2,800,020 บาทต่อปี

- ค่าใช้จ่ายค่าประกันภัยรถบรรทุกที่ลดลง

การนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคนทำให้สามารถลดจำนวนการใช้รถบรรทุกได้ เนื่องจากต้องร่วมมือกันวางแผนในการเก็บเกี่ยวทำให้สามารถใช้ทรัพยากรรถบรรทุกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นทำให้ค่าใช้จ่ายค่าประกันภัยรถบรรทุกลดลง จากจำนวนรถบรรทุกที่ลดลงไปเท่ากับ 690 คันและค่าประกันภัยรถบรรทุกเฉลี่ยปีละ 13,291 บาทต่อคันต่อปี (พรชัย ท้วมปาน 2545) ดังนั้นค่าใช้จ่ายค่าภาษีป้ายทะเบียนรถบรรทุกที่ลดลงมีมูลค่าเท่ากับ 9,170,790 บาทต่อปี

สรุปค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นและลดลงจากการนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคน แสดงดังตารางที่ 7.21 และ 7.22 ตามลำดับ

ตารางที่ 7.21 ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคน

ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคน	มูลค่าค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคน (บาท/ปี)
ปริมาณน้ำตาลที่สูญเสียไปเนื่องจากค่า CCS ที่ลดลง	2,669,302
ต้นทุนรถตัดอ้อยที่เพิ่มขึ้น	67,000,000
ค่าใช้จ่ายของการใช้งานรถตัดอ้อยที่เพิ่มขึ้น	146,999,378
ค่าใช้จ่ายในการดัดแปลงรถบรรทุกให้บรรทุกอ้อยรถตัดได้ที่เพิ่มขึ้น	16,848,000
ค่าใช้จ่ายในการใช้งานรถบรรทุกที่เพิ่มขึ้น	26,241,002
รวม	259,757,682

ตารางที่ 7.22 ค่าใช้จ่ายที่ลดลงจากการนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคน

ค่าใช้จ่ายที่ลดลงจากการนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคน	มูลค่าค่าใช้จ่ายที่ลดลงจากการนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคน (บาท/ปี)
ค่าเสื่อมราคาของรถบรรทุกที่ลดลง	15,322,830
ค่าใช้จ่ายในการจัดหาแรงงานที่ลดลง	18,877,922
ค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานตัดอ้อยที่ลดลง	140,809,397
ค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานขึ้นอ้อยที่ลดลง	107,228,752
ค่าใช้จ่ายในการใช้รถคีบอ้อยที่ลดลง	22,144,884
ค่าใช้จ่ายค่าภาษีป้ายทะเบียนรถบรรทุกที่ลดลง	5,451,690
ค่า พ.ร.บ	2,800,020
ค่าใช้จ่ายค่าประกันภัยรถบรรทุกที่ลดลง	9,170,790
รวม	321,806,285

ข้อมูลจากตารางที่ 7.21 และ 7.22 แสดงให้เห็นว่าการนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคนทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายซึ่งถูกมองในรูปของความสูญเสียลงได้ 62,048,603 บาทต่อปี ซึ่งความสูญเสียที่ลดลงได้จากการลดเวลาในกระบวนการขนส่งอ้อยจาก 807 นาที เหลือเพียง 585 นาที จะอยู่ในรูปของค่าเสื่อมราคาของรถบรรทุกที่ลดลง ค่าใช้จ่ายค่าภาษีป้ายทะเบียนรถบรรทุกที่ลดลง ค่า พ.ร.บ และค่าใช้จ่ายค่าประกันภัยรถบรรทุกที่ลดลง

ผลสรุปของการลดความสูญเสียที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองสถานการณ์ตามแนวทางเลือกต่าง ๆจะถูกรวบรวมแล้วนำไปประเมินผลและรายงานผู้ที่เกี่ยวข้องให้รับทราบเพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณี

ศึกษา ผลสรุปของการลดความสูญเสียที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองสถานการณ์ตามแนวทางเลือกต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 7.23

ตารางที่ 7.23 ผลสรุปการวิเคราะห์การลดความสูญเสียตามแนวทางเลือกต่าง ๆ

แนวทางเลือก	มูลค่าของความสูญเสียที่ลดลง (บาท/ปี)
การจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลง	30,658,085
การจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว	40,211,077
การเพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมเป็น 1,510 นาที และลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักรลงเป็น 60 นาที	10,546,032
การเพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมเป็น 1,570 นาที และลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักรลงเป็น 50 นาที	13,995,607
การนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคน	62,048,603

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 8
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปผลการศึกษา

ระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลเป็นระบบที่ใหญ่และมีความซับซ้อนสูง ซึ่งประกอบไปด้วยกิจกรรมต่าง ๆมากมายทั้งของชาวไร่ กิจกรรมด้านการขนส่งจนกระทั่งขบวนการผลิตของโรงงานน้ำตาล ส่งผลให้เป็นโครงข่ายโลจิสติกส์ที่ซับซ้อน (Logistics Network) การจะเปลี่ยนแปลงสิ่งใดต่อระบบจึงมักจะมีผลกระทบอย่างสูงทั้งในด้านค่าใช้จ่ายและการทำความเข้าใจแก่ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นก่อนที่จะมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงระบบจึงควรที่จะศึกษาถึงผลที่จะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงนั้น ๆ ซึ่งอาจจะใช้แบบจำลองสถานการณ์ในการพิจารณาถึงผลที่จะเกิดขึ้นก่อนแล้วค่อยตัดสินใจถึงความคุ้มค่าในการเปลี่ยนแปลงระบบจริงอีกที

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้นำเสนอวิธีการใช้แบบจำลองสถานการณ์ในการวิเคราะห์ระบบการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลเพื่อลดความสูญเสียต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นลงเพื่อประโยชน์แก่ทั้งชาวไร่อ้อยและโรงงานน้ำตาล ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้โรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่งที่จังหวัดสุพรรณบุรีเป็นกรณีศึกษาซึ่งพบว่าสามารถลดความสูญเสียในระบบการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลได้หากมีการจัดการที่ดีขึ้น

การสร้างและพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์จะกระทำในขอบเขตของวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้และทำการปรึกษาและสอบถามผู้ที่มีความรู้ในระบบการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล ได้แก่ ชาวไร่อ้อยและเจ้าหน้าที่โรงงานน้ำตาล เพื่อให้แบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นมานั้นสามารถเป็นตัวแทนของระบบจริงได้

แบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลถูกสร้างและพัฒนาโดยใช้โปรแกรม “Extend” ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่ายเนื่องจากใช้รูปภาพในการแสดงผลและมีความยืดหยุ่นในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ค่อนข้างสูง แบบจำลองสถานการณ์แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ แบบจำลองสถานการณ์ในส่วนของไร่และการขนส่ง และแบบจำลองสถานการณ์ในส่วนของโรงงานน้ำตาล

จำนวนของข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์มีจำนวนมากเนื่องจากระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลเป็นระบบที่ใหญ่และมีความซับซ้อนสูง โดยที่ข้อมูลเวลาของแต่ละเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจำเป็นต้องหารูปแบบการกระจายตัวและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆก่อนใส่ไปในแบบจำลองสถานการณ์

การตรวจสอบและทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์จะเริ่มจากการตรวจสอบแบบจำลองทีละส่วนย่อยตั้งแต่เริ่มต้นสร้างแบบจำลองส่วนย่อยนั้น และจะทำการตรวจสอบและทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์อีกครั้งเมื่อแบบจำลองสถานการณ์ถูกนำมารวมกันเป็นแบบจำลองสถานการณ์ที่สมบูรณ์แล้วด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อให้ผู้ใช้แบบจำลองสถานการณ์มีความมั่นใจว่าแบบจำลองสถานการณ์สามารถเป็นตัวแทนของระบบจริงได้และผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไปได้ ระยะเวลาที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลถูกนำมาใช้เป็นตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ การตรวจสอบและทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลสามารถนำไปใช้เป็นตัวแทนของระบบจริงได้และผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ระบบต่อได้

แบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลถูกนำไปวิเคราะห์แนวทางเลือกต่าง ๆที่ถูกเสนอมาเพื่อลดความสูญเสียที่มีในระบบ อันประกอบไปด้วยการจัดตารางเวลาในการจัดสรรอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล การปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อยโดยการลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักรลงและการนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคน ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นถึงมูลค่าของความสูญเสียที่สามารถลดลงได้หากปฏิบัติตามแนวทางเลือกต่าง ๆ ดังตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 ผลสรุปการวิเคราะห์การลดความสูญเสียตามแนวทางเลือกต่าง ๆ

แนวทางเลือก	มูลค่าของความสูญเสียที่ลดลง (บาท)
1.1 การจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลง	30,658,085
1.2 การจัดตารางเวลาในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว	40,211,077
2.1 การเพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมเป็น 1,510 นาที และลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักรลงเป็น 60 นาที	10,546,032
2.2 การเพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมเป็น 1,570 นาที และลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักรลงเป็น 50 นาที	13,995,607
3. การนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคน	62,048,603

แบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโรงงานน้ำตาลอื่นได้ถ้าเปลี่ยนแปลงข้อมูลต่าง ๆที่ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์ให้เป็นข้อมูลของพื้นที่นั้นและผ่านการตรวจสอบและทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์

8.2 สรุปการนำแนวทางเลือกในการลดความสูญเสียมาใช้

การนำแนวทางเลือกในการลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นทั้ง 3 แนวทางเลือกมาใช้สามารถแบ่งความเหมาะสมในการใช้ทางเลือกออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

8.2.1 แนวทางเลือกในการลดความสูญเสียที่นำเสนอให้ใช้ในระยะปานกลาง

แนวทางเลือกในการลดความสูญเสียที่นำเสนอให้ใช้ในระยะปานกลาง คือ การปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อยโดยการลดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักรลง เนื่องจากเป็นแนวทางเลือกที่สามารถนำมาใช้โดยมีการเปลี่ยนแปลงของระบบน้อยที่สุดและสามารถทำได้โดยไม่ต้องอาศัยความร่วมมือจากฝ่ายชาวไร่อ้อยจึงมีความคล่องตัวในการปฏิบัติได้สูง

การปรับปรุงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อยกระทำได้โดยการเฝ้าระวังเหตุการณ์ที่อาจจะก่อให้เกิดการเสียของเครื่องจักรมากขึ้น การรายงานผลของการเกิดเหตุการณ์เครื่องจักรเสียให้เร็วขึ้น การเดินทางเข้ามาทำการซ่อมของเจ้าหน้าที่ช่างซ่อมเครื่องจักรที่เร็วขึ้น การที่เจ้าหน้าที่ช่างซ่อมทำการซ่อมเครื่องจักรให้ใช้งานได้เร็วขึ้น และการค้นหาอะไหล่ที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักรให้เร็วขึ้น

8.2.2 แนวทางเลือกในการลดความสูญเสียที่นำเสนอให้ใช้ในระยะยาว

แนวทางเลือกในการลดความสูญเสียที่นำเสนอให้ใช้ในระยะยาว มี 2 แนวทางเลือก คือ

1. การจัดตารางเวลาในการจัดสรรอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล เนื่องจากเป็นแนวทางเลือกที่ต้องอาศัยความร่วมมือกันระหว่างโรงงานน้ำตาลและชาวไร่อ้อยในการกำหนดปริมาณอ้อยที่จะต้องทำการเก็บเกี่ยวเพื่อจัดส่งอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาลในแต่ละวัน

2. การนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้แทนแรงงานคนเนื่องจากเป็นแนวทางเลือกที่ต้องอาศัยความร่วมมือกันระหว่างชาวไร่อ้อยด้วยกันในการใช้ทรัพยากรต่าง ๆร่วมกัน อันได้แก่ รถตัดอ้อย รถบรรทุกอ้อย และต้องมีการวางแผนกำหนดการใช้รถบรรทุกอ้อยร่วมกัน และยังต้องมีการปรับปรุงพื้นที่ปลูกอ้อยให้มีความเหมาะสมกับการใช้รถตัดอ้อย เช่น การปลูกอ้อยติดกันเป็นแถวยาวเพียงพอต่อการใช้รถตัดอ้อย และมีระยะ

ห่างระหว่างร่องอ้อยที่เหมาะสมในการใช้รถตัดอ้อย เป็นต้น อีกทั้งต้นทุนรถตัดอ้อยที่ต้องซื้อมาเพื่อใช้มีมูลค่าสูงมาก

8.3 ข้อเสนอแนะ

แบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลควรถูกพัฒนาให้สามารถใช้วิเคราะห์ทั้งระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลได้ กล่าวคือ แบบจำลองสถานการณ์มีองค์ประกอบครอบคลุมพื้นที่เพาะปลูกอ้อยและโรงงานน้ำตาลทั้งหมด ซึ่งจะส่งผลให้สามารถวิเคราะห์การลดความสูญเสียต่าง ๆที่เกิดขึ้นในระบบได้ดีกว่าการวิเคราะห์เพียงแค่โรงงานเดียว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กุลรัตน์ พุทธอรุณ. ระบบการกำหนดราคาอ้อยตามคุณภาพของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528.

ชัยพันธุ์ รักวิจัย. เอกสารประกอบการสอน วิชา การวิเคราะห์ระบบสำหรับระบบขนาดใหญ่ (System Analysis for Large Scale Systems). ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (ม.ป.ป.).

ธวัชชัย ตินนังวัฒนะ. การทำไร่อ้อยยุคใหม่. กรุงเทพมหานคร , 2543.

ธวัชชัย ตินนังวัฒนะ. ศักยภาพการแข่งขันของอุตสาหกรรมน้ำตาล. กรุงเทพมหานคร, 2539.

นคร สาระคุณ และคณะ. เอกสารการสอนชุดวิชา "การจัดการพืชไร่อุตสาหกรรม" หน่วย 8-15. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2539.

ประชา ถ้ำทองและคณะ. การศึกษาการเจริญเติบโตและการสะสมน้ำตาลของอ้อย 6 พันธุ์ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2536 เล่ม 1, หน้าที่ 63-69, 2536.

พรชัย ท้วมปาน. โครงสร้างต้นทุนการขนส่งอ้อย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

รุ่งรัตน์ กิจเจริญปัญญา และคณะ. รายงานประชุมอ้อยและน้ำตาลทรายแห่งชาติครั้งที่ 4. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ ด้านน้ำหนัก คุณภาพความหวาน ปริมาณน้ำตาล และเปอร์เซ็นต์สิ่งปนเปื้อนของอ้อยที่ตัดส่งโรงงาน, หน้าที่ 379-393, 2543.

สามชัย ไชยทิพย์อาสน์. แบคทีเรียน้ำตาล. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานกองทุนสงเคราะห์อุตสาหกรรมน้ำตาลทราย, 2508.

สามารถ น้อยวัน และคณะ. รายงานประชุมอ้อยและน้ำตาลทรายแห่งชาติครั้งที่ 4. การศึกษาเปรียบเทียบผลผลิตน้ำตาลที่ได้จากอ้อยสด อ้อยไฟไหม้ อ้อยยาวยอด และอ้อยปนเปื้อน, หน้าที่ 394-408, 2543.

หฤษฎี ภัทรดิลก และคณะ. เอกสารการสอนชุดวิชา "การจัดการพืชไร่อุตสาหกรรม" หน่วย 1-7. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2539.

อรรถสิทธิ์ บุญธรรม และคณะ. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2536 ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สถาบันพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. ผลการเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวและทิ้งไว้ที่เวลาต่าง ๆที่มีต่อคุณภาพความหวานและผลผลิตอ้อย, หน้าที่ 89-112, 2536.

ภาษาต่างประเทศ

Banks, Jerry. Handbook of Simulation. New York : John Wiley & Sons, 1998.

Banks, Jerry. and Carson, John S. Discrete-Event System Simulation. New Jersey : Prentice-Hall, 1984.

Banks and others. Discrete-Event System Simulation. 3rd Edition. New Jersey : Prentice-Hall, 2000.

Bonini, C. P. and others. Quantitative Analysis for Management. 9th Edition. Chicago : Irwin, 1997.

Diaz, Jose A. and Perez, Ileana G., Simulation and Optimization of Sugar Cane Transportation in Harvest Season. Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference pp. 1114-1117.

Hansen, A.C. Barnes, A. J. and Lyne, P. W. L., An Intergrated Approach to Simulating Sugarcane Harvest-to-Mill Delivery Systems. An ASAE Meeting Presentation July 1998 : pp. 1-8.

Kham, Rotab. Simulation Modeling of a Garment Production System Using a Spreadsheet to Minimize Production Cost. International Journal of Clothing Science and Technology. Vol.11, No.6 (1995) pp. 287-299.

Lambert, Douglas M. and others. Fundamentals of Logistics Management. Singapore : Irwin McGraw Hill, 1998.

Law, Averill M and Kelton, W. David. Simulation Modeling & Analysis. 2nd Edition. McGraw-Hill series in industrial engineering and management science. New York : McGraw-Hall, 1991.

Law, Averill M and Kelton, W. David. Simulation Modeling & Analysis. 3rd Edition. McGraw-Hill series in industrial engineering and management science. Boston : McGraw-Hall, 2000.

Meade, George P. and Chen, James C. P. Meade-Chen Cane Sugar Handbook. 10th Edtion. New York : John Wiley & Son, 1997.

Mize, Joe. H. and Cox, Grady. J. Essentials of Simulation. Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice-Hall, 1968.

Paitoon Chetthamrongchai, Aroon Auansakul and Decha Supawan. Assessing the Transportation Problems of the Sugar Cane Industry in Thailand. Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific. No.70 (2001) : 39-49

Simon, Herbert A. Predict and Prescription in Systems Modeling. Operation Research Vol.38, No.1 (January-February 1990) : 7-14.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันของเขตส่งเสริมที่ 1

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	0	21600	8	43200	26	64800	12
720	0	22320	8	43920	26	65520	12
1440	0	23040	10	44640	34	66240	0
2160	0	23760	10	45360	34	66960	0
2880	0	24480	17	46080	45	67680	0
3600	0	25200	17	46800	45	68400	34
4320	0	25920	11	47520	25	69120	35
5040	0	26640	11	48240	25	69840	35
5760	1	27360	12	48960	36	70560	35
6480	1	28080	12	49680	36	71280	35
7200	0	28800	10	50400	36	72000	40
7920	0	29520	10	51120	36	72720	40
8640	0	30240	19	51840	29	73440	32
9360	0	30960	19	52560	29	74160	32
10080	1	31680	19	53280	25	74880	38
10800	1	32400	19	54000	25	75600	38
11520	3	33120	19	54720	30	76320	35
12240	3	33840	19	55440	30	77040	35
12960	7	34560	18	56160	29	77760	28
13680	7	35280	18	56880	29	78480	28
14400	6	36000	22	57600	27	79200	29
15120	6	36720	22	58320	27	79920	29
15840	8	37440	23	59040	32	80640	32
16560	8	38160	23	59760	32	81360	32
17280	14	38880	21	60480	34	82080	36
18000	14	39600	21	61200	34	82800	36
18720	13	40320	27	61920	30	83520	36
19440	13	41040	27	62640	30	84240	36
20160	11	41760	26	63360	49	84960	37
20880	11	42480	26	64080	49	85680	37

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันของเขตส่งเสริมที่ 1 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
86400	34	108000	51	129600	30	151200	12
87120	34	108720	51	130320	30	151920	12
87840	22	109440	37	131040	34	152640	11
88560	22	110160	37	131760	34	153360	11
89280	23	110880	29	132480	43	154080	28
90000	23	111600	29	133200	43	154800	28
90720	28	112320	25	133920	22	155520	24
91440	28	113040	25	134640	22	156240	24
92160	28	113760	33	135360	23	156960	34
92880	28	114480	33	136080	23	157680	34
93600	34	115200	25	136800	34	158400	30
94320	34	115920	25	137520	34	159120	30
95040	37	116640	26	138240	34	159840	41
95760	37	117360	26	138960	34	160560	41
96480	33	118080	25	139680	44	161280	33
97200	33	118800	25	140400	44	162000	33
97920	30	119520	34	141120	26	162720	30
98640	30	120240	34	141840	26	163440	30
99360	30	120960	30	142560	22	164160	17
100080	30	121680	30	143280	22	164880	17
100800	29	122400	28	144000	30	165600	13
101520	29	123120	28	144720	30	166320	13
102240	25	123840	37	145440	29	167040	12
102960	25	124560	37	146160	29	167760	12
103680	32	125280	34	146880	22	168480	13
104400	32	126000	34	147600	22	169200	13
105120	43	126720	48	148320	15	169920	13
105840	43	127440	48	149040	15	170640	13
106560	45	128160	34	149760	18	171360	11
107280	45	128880	34	150480	18	172080	11

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันของเขตส่งเสริมที่ 1 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
172800	6
173520	6
174240	0
174960	0
175680	2
176400	2
177120	6
177840	6
178560	2
179280	2
180000	2
180720	2
181440	4
182160	4
182880	4
183600	4
184320	15
185040	15
185760	16
186480	16
187200	7
187920	7
188640	5
189360	5
190080	5
190800	5
191520	10
192240	10
192960	3
193680	3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันของเขตส่งเสริมที่ 2 (อ้อยรถตัด)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	0	43200	28	86400	5	129600	0
1440	0	44640	24	87840	6	131040	0
2880	0	46080	46	89280	15	132480	6
4320	0	47520	41	90720	21	133920	9
5760	6	48960	23	92160	22	135360	25
7200	25	50400	17	93600	12	136800	18
8640	15	51840	16	95040	12	138240	16
10080	39	53280	18	96480	12	139680	7
11520	32	54720	34	97920	9	141120	8
12960	23	56160	6	99360	9	142560	17
14400	18	57600	11	100800	5	144000	12
15840	12	59040	12	102240	12	145440	16
17280	15	60480	18	103680	16	146880	19
18720	0	61920	11	105120	19	148320	0
20160	8	63360	34	106560	6	149760	3
21600	10	64800	0	108000	16	151200	12
23040	11	66240	0	109440	21	152640	9
24480	7	67680	0	110880	25	154080	10
25920	6	69120	6	112320	22	155520	21
27360	15	70560	12	113760	8	156960	11
28800	18	72000	4	115200	12	158400	14
30240	18	73440	16	116640	38	159840	5
31680	27	74880	15	118080	32	161280	15
33120	3	76320	13	119520	17	162720	3
34560	19	77760	13	120960	16	164160	9
36000	3	79200	11	122400	29	165600	17
37440	11	80640	12	123840	30	167040	20
38880	8	82080	0	125280	18	168480	38
40320	15	83520	12	126720	2	169920	20
41760	26	84960	19	128160	0	171360	36

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันของเขตส่งเสริมที่ 2 (อ้อยรถตัด) (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
172800	57
174240	73
175680	70
177120	56
178560	51
180000	58
181440	51
182880	32
184320	25
185760	28
187200	39
188640	15
190080	11
191520	3
192960	0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันของเขตส่งเสริมที่ 2 (อ้อยคนตัด)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	0	21600	189	43200	231	64800	113
720	0	22320	189	43920	231	65520	113
1440	4	23040	184	44640	231	66240	0
2160	4	23760	184	45360	231	66960	0
2880	14	24480	201	46080	287	67680	0
3600	14	25200	201	46800	287	68400	234
4320	50	25920	196	47520	256	69120	287
5040	50	26640	196	48240	256	69840	287
5760	126	27360	218	48960	275	70560	362
6480	126	28080	218	49680	275	71280	362
7200	189	28800	250	50400	297	72000	306
7920	189	29520	250	51120	297	72720	306
8640	246	30240	267	51840	292	73440	244
9360	246	30960	267	52560	292	74160	244
10080	293	31680	280	53280	324	74880	252
10800	293	32400	280	54000	324	75600	252
11520	318	33120	292	54720	272	76320	251
12240	318	33840	292	55440	272	77040	251
12960	366	34560	280	56160	299	77760	219
13680	366	35280	280	56880	299	78480	219
14400	343	36000	293	57600	297	79200	210
15120	343	36720	293	58320	297	79920	210
15840	290	37440	263	59040	290	80640	224
16560	290	38160	263	59760	290	81360	224
17280	318	38880	300	60480	315	82080	247
18000	318	39600	300	61200	315	82800	247
18720	332	40320	312	61920	327	83520	219
19440	332	41040	312	62640	327	84240	219
20160	306	41760	299	63360	303	84960	223
20880	306	42480	299	64080	303	85680	223

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันของเขตส่งเสริมที่ 2 (อ้อยคนตัด) (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
86400	221	108000	250	129600	259	151200	134
87120	221	108720	250	130320	259	151920	134
87840	146	109440	275	131040	270	152640	177
88560	146	110160	275	131760	270	153360	177
89280	170	110880	238	132480	241	154080	185
90000	170	111600	238	133200	241	154800	185
90720	189	112320	254	133920	113	155520	187
91440	189	113040	254	134640	113	156240	187
92160	214	113760	224	135360	220	156960	170
92880	214	114480	224	136080	220	157680	170
93600	231	115200	209	136800	201	158400	206
94320	231	115920	209	137520	201	159120	206
95040	213	116640	218	138240	211	159840	218
95760	213	117360	218	138960	211	160560	218
96480	252	118080	228	139680	231	161280	233
97200	252	118800	228	140400	231	162000	233
97920	246	119520	239	141120	258	162720	219
98640	246	120240	239	141840	258	163440	219
99360	223	120960	251	142560	267	164160	166
100080	223	121680	251	143280	267	164880	166
100800	248	122400	231	144000	295	165600	161
101520	248	123120	231	144720	295	166320	161
102240	268	123840	227	145440	288	167040	123
102960	268	124560	227	146160	288	167760	123
103680	273	125280	194	146880	221	168480	103
104400	273	126000	194	147600	221	169200	103
105120	265	126720	224	148320	169	169920	72
105840	265	127440	224	149040	169	170640	72
106560	263	128160	233	149760	183	171360	57
107280	263	128880	233	150480	183	172080	57

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันของเขตส่งเสริมที่ 2 (อ้อยคนตัด) (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
172800	72
173520	72
174240	66
174960	66
175680	82
176400	82
177120	128
177840	128
178560	134
179280	134
180000	120
180720	120
181440	153
182160	153
182880	150
183600	150
184320	144
185040	144
185760	115
186480	115
187200	84
187920	84
188640	118
189360	118
190080	124
190800	124
191520	147
192240	147
192960	75
193680	75

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันของเขตส่งเสริมที่ 3

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	1	21600	82	43200	194	64800	94
720	1	22320	82	43920	194	65520	94
1440	3	23040	64	44640	222	66240	0
2160	3	23760	64	45360	222	66960	0
2880	0	24480	105	46080	261	67680	0
3600	0	25200	105	46800	261	68400	194
4320	27	25920	137	47520	240	69120	207
5040	27	26640	137	48240	240	69840	207
5760	47	27360	168	48960	246	70560	228
6480	47	28080	168	49680	246	71280	228
7200	76	28800	167	50400	243	72000	249
7920	76	29520	167	51120	243	72720	249
8640	86	30240	190	51840	258	73440	249
9360	86	30960	190	52560	258	74160	249
10080	113	31680	186	53280	271	74880	233
10800	113	32400	186	54000	271	75600	233
11520	117	33120	194	54720	264	76320	235
12240	117	33840	194	55440	264	77040	235
12960	119	34560	216	56160	273	77760	228
13680	119	35280	216	56880	273	78480	228
14400	133	36000	206	57600	250	79200	227
15120	133	36720	206	58320	250	79920	227
15840	137	37440	221	59040	272	80640	231
16560	137	38160	221	59760	272	81360	231
17280	148	38880	239	60480	261	82080	252
18000	148	39600	239	61200	261	82800	252
18720	150	40320	246	61920	276	83520	231
19440	150	41040	246	62640	276	84240	231
20160	142	41760	255	63360	245	84960	230
20880	142	42480	255	64080	245	85680	230

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันของเขตส่งเสริมที่ 3 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
86400	224	108000	224	129600	225	151200	116
87120	224	108720	224	130320	225	151920	116
87840	155	109440	238	131040	221	152640	147
88560	155	110160	238	131760	221	153360	147
89280	185	110880	232	132480	216	154080	184
90000	185	111600	232	133200	216	154800	184
90720	195	112320	221	133920	110	155520	187
91440	195	113040	221	134640	110	156240	187
92160	195	113760	189	135360	226	156960	167
92880	195	114480	189	136080	226	157680	167
93600	203	115200	197	136800	205	158400	176
94320	203	115920	197	137520	205	159120	176
95040	207	116640	208	138240	230	159840	178
95760	207	117360	208	138960	230	160560	178
96480	238	118080	234	139680	197	161280	196
97200	238	118800	234	140400	197	162000	196
97920	236	119520	235	141120	208	162720	173
98640	236	120240	235	141840	208	163440	173
99360	216	120960	244	142560	216	164160	164
100080	216	121680	244	143280	216	164880	164
100800	229	122400	233	144000	217	165600	158
101520	229	123120	233	144720	217	166320	158
102240	247	123840	234	145440	208	167040	130
102960	247	124560	234	146160	208	167760	130
103680	232	125280	209	146880	173	168480	108
104400	232	126000	209	147600	173	169200	108
105120	246	126720	223	148320	187	169920	68
105840	246	127440	223	149040	187	170640	68
106560	234	128160	234	149760	166	171360	32
107280	234	128880	234	150480	166	172080	32

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันของเขตส่งเสริมที่ 3 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
172800	38
173520	38
174240	55
174960	55
175680	73
176400	73
177120	100
177840	100
178560	121
179280	121
180000	105
180720	105
181440	137
182160	137
182880	139
183600	139
184320	114
185040	114
185760	108
186480	108
187200	90
187920	90
188640	94
189360	94
190080	89
190800	89
191520	79
192240	79
192960	26
193680	26

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.5 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันของเขตส่งเสริมที่ 4

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	0	21600	30	43200	63	64800	24
720	0	22320	30	43920	63	65520	24
1440	0	23040	28	44640	68	66240	0
2160	0	23760	28	45360	68	66960	0
2880	1	24480	38	46080	83	67680	0
3600	1	25200	38	46800	83	68400	65
4320	8	25920	37	47520	67	69120	74
5040	8	26640	37	48240	67	69840	74
5760	13	27360	44	48960	74	70560	82
6480	13	28080	44	49680	74	71280	82
7200	19	28800	46	50400	81	72000	82
7920	19	29520	46	51120	81	72720	82
8640	25	30240	51	51840	72	73440	73
9360	25	30960	51	52560	72	74160	73
10080	33	31680	57	53280	72	74880	76
10800	33	32400	57	54000	72	75600	76
11520	40	33120	56	54720	65	76320	77
12240	40	33840	56	55440	65	77040	77
12960	45	34560	54	56160	72	77760	71
13680	45	35280	54	56880	72	78480	71
14400	41	36000	62	57600	69	79200	71
15120	41	36720	62	58320	69	79920	71
15840	42	37440	59	59040	73	80640	75
16560	42	38160	59	59760	73	81360	75
17280	47	38880	61	60480	75	82080	77
18000	47	39600	61	61200	75	82800	77
18720	54	40320	71	61920	73	83520	74
19440	54	41040	71	62640	73	84240	74
20160	49	41760	70	63360	77	84960	73
20880	49	42480	70	64080	77	85680	73

ตารางที่ ก.5 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันของเขตส่งเสริมที่ 4 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
86400	69	108000	81	129600	71	151200	29
87120	69	108720	81	130320	71	151920	29
87840	46	109440	80	131040	75	152640	35
88560	46	110160	80	131760	75	153360	35
89280	58	110880	68	132480	70	154080	46
90000	58	111600	68	133200	70	154800	46
90720	59	112320	66	133920	39	155520	46
91440	59	113040	66	134640	39	156240	46
92160	66	113760	65	135360	58	156960	48
92880	66	114480	65	136080	58	157680	48
93600	68	115200	58	136800	65	158400	50
94320	68	115920	58	137520	65	159120	50
95040	71	116640	66	138240	64	159840	54
95760	71	117360	66	138960	64	160560	54
96480	67	118080	67	139680	66	161280	53
97200	67	118800	67	140400	66	162000	53
97920	73	119520	78	141120	59	162720	52
98640	73	120240	78	141840	59	163440	52
99360	67	120960	77	142560	52	164160	39
100080	67	121680	77	143280	52	164880	39
100800	67	122400	70	144000	63	165600	39
101520	67	123120	70	144720	63	166320	39
102240	67	123840	75	145440	63	167040	37
102960	67	124560	75	146160	63	167760	37
103680	74	125280	68	146880	46	168480	32
104400	74	126000	68	147600	46	169200	32
105120	82	126720	78	148320	43	169920	22
105840	82	127440	78	149040	43	170640	22
106560	81	128160	71	149760	42	171360	14
107280	81	128880	71	150480	42	172080	14

ตารางที่ ก.5 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันของเขตส่งเสริมที่ 4 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
172800	16
173520	16
174240	15
174960	15
175680	18
176400	18
177120	27
177840	27
178560	31
179280	31
180000	26
180720	26
181440	35
182160	35
182880	27
183600	27
184320	36
185040	36
185760	32
186480	32
187200	24
187920	24
188640	25
189360	25
190080	24
190800	24
191520	30
192240	30
192960	10
193680	10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.6 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันของเขตส่งเสริมที่ 5

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	0	21600	5	43200	12	64800	2
720	0	22320	5	43920	12	65520	2
1440	0	23040	4	44640	11	66240	0
2160	0	23760	4	45360	11	66960	0
2880	0	24480	5	46080	12	67680	0
3600	0	25200	5	46800	12	68400	10
4320	2	25920	5	47520	12	69120	13
5040	2	26640	5	48240	12	69840	13
5760	1	27360	7	48960	11	70560	14
6480	1	28080	7	49680	11	71280	14
7200	1	28800	8	50400	15	72000	13
7920	1	29520	8	51120	15	72720	13
8640	2	30240	6	51840	11	73440	13
9360	2	30960	6	52560	11	74160	13
10080	4	31680	9	53280	11	74880	13
10800	4	32400	9	54000	11	75600	13
11520	6	33120	8	54720	7	76320	15
12240	6	33840	8	55440	7	77040	15
12960	6	34560	6	56160	10	77760	15
13680	6	35280	6	56880	10	78480	15
14400	4	36000	10	57600	10	79200	15
15120	4	36720	10	58320	10	79920	15
15840	6	37440	8	59040	10	80640	16
16560	6	38160	8	59760	10	81360	16
17280	5	38880	8	60480	10	82080	14
18000	5	39600	8	61200	10	82800	14
18720	9	40320	11	61920	9	83520	14
19440	9	41040	11	62640	9	84240	14
20160	8	41760	11	63360	7	84960	13
20880	8	42480	11	64080	7	85680	13

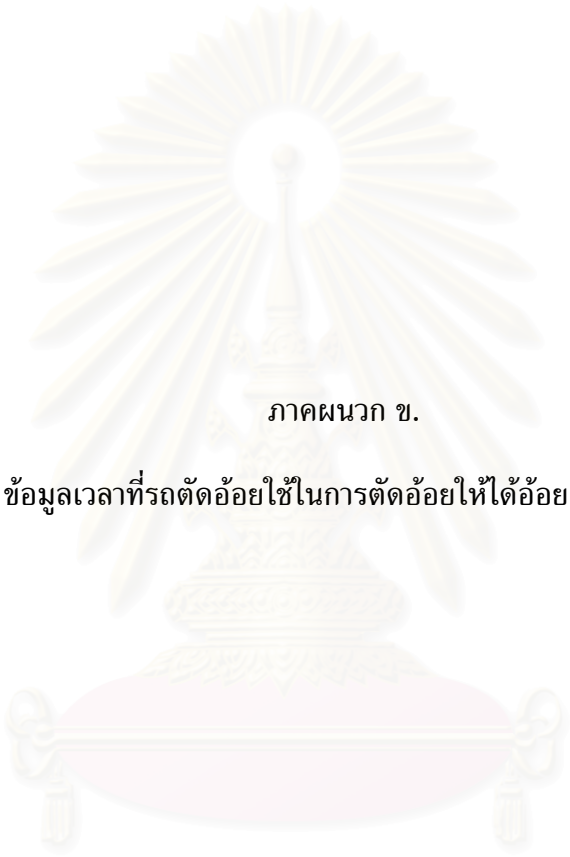
ตารางที่ ก.6 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันของเขตส่งเสริมที่ 5 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
86400	12	108000	12	129600	13	151200	3
87120	12	108720	12	130320	13	151920	3
87840	8	109440	15	131040	14	152640	4
88560	8	110160	15	131760	14	153360	4
89280	13	110880	12	132480	9	154080	3
90000	13	111600	12	133200	9	154800	3
90720	10	112320	12	133920	7	155520	4
91440	10	113040	12	134640	7	156240	4
92160	14	113760	11	135360	9	156960	3
92880	14	114480	11	136080	9	157680	3
93600	12	115200	10	136800	11	158400	4
94320	12	115920	10	137520	11	159120	4
95040	13	116640	14	138240	9	159840	2
95760	13	117360	14	138960	9	160560	2
96480	9	118080	13	139680	7	161280	3
97200	9	118800	13	140400	7	162000	3
97920	14	119520	16	141120	8	162720	5
98640	14	120240	16	141840	8	163440	5
99360	12	120960	16	142560	4	164160	4
100080	12	121680	16	143280	4	164880	4
100800	11	122400	14	144000	7	165600	6
101520	11	123120	14	144720	7	166320	6
102240	11	123840	14	145440	8	167040	8
102960	11	124560	14	146160	8	167760	8
103680	13	125280	13	146880	4	168480	6
104400	13	126000	13	147600	4	169200	6
105120	14	126720	12	148320	6	169920	3
105840	14	127440	12	149040	6	170640	3
106560	13	128160	12	149760	5	171360	1
107280	13	128880	12	150480	5	172080	1

ตารางที่ ก.6 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันของเขตส่งเสริมที่ 5 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
172800	3
173520	3
174240	4
174960	4
175680	4
176400	4
177120	5
177840	5
178560	8
179280	8
180000	6
180720	6
181440	8
182160	8
182880	3
183600	3
184320	6
185040	6
185760	5
186480	5
187200	5
187920	5
188640	5
189360	5
190080	4
190800	4
191520	6
192240	6
192960	1
193680	1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ข.

ข้อมูลเวลาที่รถตัดอ้อยใช้ในการตัดอ้อยให้ได้อ้อยเต็มคันรถ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลเวลาที่รถตัดอ้อยใช้ในการตัดอ้อยให้ได้อ้อยเต็มคันรถ

ข้อมูลที่	เวลา (นาที)	ข้อมูลที่	เวลา (นาที)
1	60	31	60
2	60	32	60
3	50	33	55
4	60	34	60
5	60	35	60
6	50	36	55
7	60	37	60
8	60	38	60
9	50	39	75
10	60	40	45
11	30	41	75
12	55		
13	60		
14	60		
15	75		
16	60		
17	60		
18	55		
19	55		
20	60		
21	60		
22	60		
23	60		
24	45		
25	60		
26	60		
27	60		
28	60		
29	55		
30	60		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

ข้อมูลเวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยใช้ในการตัดอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ให้ได้อ้อยเต็มคันรถ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.1 ข้อมูลเวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยสดให้ได้อ้อยเต็มคันรถ

ข้อมูลที่	เวลา (นาที)	ข้อมูลที่	เวลา (นาที)	ข้อมูลที่	เวลา (นาที)
1	394	31	467	61	309
2	354	32	413	62	197
3	169	33	295	63	467
4	260	34	273		
5	197	35	243		
6	281	36	308		
7	394	37	467		
8	454	38	208		
9	370	39	394		
10	467	40	250		
11	197	41	260		
12	133	42	415		
13	394	43	394		
14	315	44	197		
15	241	45	280		
16	467	46	223		
17	293	47	315		
18	208	48	325		
19	266	49	394		
20	328	50	272		
21	459	51	177		
22	295	52	319		
23	415	53	454		
24	433	54	394		
25	197	55	369		
26	354	56	148		
27	235	57	293		
28	197	58	382		
29	315	59	157		
30	394	60	236		

ตารางที่ ค.2 ข้อมูลเวลาที่แรงงานคนตัดอ้อยทีมละ 20 คนใช้ในการตัดอ้อยไฟไหม้ให้ได้อ้อยเต็มคันรถ

ข้อมูลที่	เวลา (นาที)	ข้อมูลที่	เวลา (นาที)
1	240	31	208
2	165	32	144
3	120	33	229
4	457	34	457
5	267	35	137
6	375	36	216
7	180	37	457
8	67		
9	144		
10	300		
11	330		
12	440		
13	270		
14	180		
15	67		
16	353		
17	133		
18	200		
19	270		
20	91		
21	100		
22	427		
23	143		
24	165		
25	120		
26	183		
27	135		
28	126		
29	136		
30	333		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง.

ข้อมูลเวลาที่แรงงานคนและรถคีบอ้อยขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 ข้อมูลเวลาที่แรงงานคนขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถ

ข้อมูลที่	เวลา (นาที)	ข้อมูลที่	เวลา (นาที)	ข้อมูลที่	เวลา (นาที)
1	180	31	210	61	360
2	240	32	180	62	270
3	90	33	240	63	360
4	150	34	240	64	300
5	270	35	180	65	105
6	180	36	225	66	150
7	240	37	240	67	240
8	270	38	270		
9	180	39	315		
10	300	40	300		
11	180	41	240		
12	360	42	240		
13	210	43	190		
14	240	44	120		
15	150	45	240		
16	180	46	270		
17	210	47	240		
18	240	48	270		
19	270	49	240		
20	195	50	270		
21	240	51	240		
22	270	52	270		
23	240	53	195		
24	210	54	300		
25	210	55	90		
26	180	56	270		
27	240	57	195		
28	250	58	180		
29	210	59	240		
30	220	60	165		

ตารางที่ ง.2 ข้อมูลเวลาที่รถคีบอ้อยขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกจนเต็มคันรถ

ข้อมูลที่	เวลา (นาที)
1	120
2	210
3	150
4	210
5	50
6	150
7	90
8	180
9	150
10	120
11	240
12	180
13	60
14	190
15	150
16	90
17	150

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ.

ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.1 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3

ข้อมูลที่	เวลา (นาที)	ข้อมูลที่	เวลา (นาที)	ข้อมูลที่	เวลา (นาที)
1	30	31	90	61	20
2	20	32	120	62	40
3	30	33	60	63	60
4	60	34	20	64	90
5	20	35	60	65	60
6	120	36	30	66	75
7	30	37	120	67	30
8	30	38	120	68	60
9	90	39	30	69	20
10	60	40	40		
11	30	41	20		
12	20	42	30		
13	45	43	90		
14	60	44	60		
15	80	45	80		
16	30	46	90		
17	60	47	120		
18	90	48	35		
19	20	49	90		
20	120	50	80		
21	45	51	75		
22	30	52	60		
23	75	53	20		
24	30	54	30		
25	90	55	70		
26	20	56	90		
27	60	57	10		
28	30	58	55		
29	120	59	60		
30	60	60	60		

ตารางที่ จ.2 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5

ข้อมูลที่	เวลา (นาที)
1	90
2	90
3	120
4	75
5	60
6	90
7	90
8	90
9	90
10	105
11	90
12	180
13	90
14	110
15	90
16	120
17	60
18	120

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ.

ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลกลับสู่ไร่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.1 ข้อมูลเวลาในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 2 และ 3

ข้อมูลที่	เวลา (นาที)	ข้อมูลที่	เวลา (นาที)	ข้อมูลที่	เวลา (นาที)
1	30	31	60	61	5
2	45	32	20	62	60
3	10	33	15	63	30
4	60	34	30	64	25
5	20	35	60	65	10
6	30	36	30	66	30
7	30	37	45	67	25
8	60	38	20		
9	15	39	30		
10	40	40	20		
11	45	41	10		
12	60	42	15		
13	15	43	60		
14	30	44	30		
15	20	45	40		
16	40	46	45		
17	60	47	60		
18	30	48	10		
19	30	49	45		
20	15	50	20		
21	45	51	60		
22	20	52	30		
23	15	53	45		
24	25	54	25		
25	17	55	25		
26	45	56	60		
27	40	57	30		
28	20	58	40		
29	15	59	10		
30	20	60	25		

ตารางที่ ฉ.2 ข้อมูลเวลาในการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลที่ใช้เป็นกรณีศึกษากลับสู่ไร่ของเขตส่งเสริมที่ 1 4 และ 5

ข้อมูลที่	เวลา (นาที)
1	20
2	40
3	45
4	45
5	45
6	60
7	60
8	60
9	60
10	60
11	60
12	60
13	60
14	60
15	60
16	60
17	75
18	105

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช.

วิธีการคำนวณปริมาณอ้อยที่คนตัดอ้อย 1 คนตัดตลอดฤดูเก็บเกี่ยว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช.1 วิธีการคำนวณปริมาณอ้อยที่คนตัดอ้อย 1 คนตัดตลอดฤดูเก็บเกี่ยว

ข้อมูลที่	จำนวนแรงงานคนตัดอ้อย (คน)	ปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยว (ตัน)	ปริมาณอ้อยที่คนตัดอ้อย 1 คนตัดตลอดฤดูเก็บเกี่ยว (ตัน)
1	80	25618.14	320.2268
2	30	6612.46	220.4153
3	70	11413.83	163.0547
4	15	535.81	35.72067
5	40	7286.16	182.154
6	20	3350.18	167.509
7	30	4903.85	163.4617
8	50	6476.60	129.532
9	30	3282.32	109.4107
10	80	8238.49	102.9811
11	25	1940.03	77.6012
12	25	1515.50	60.62
13	20	816.12	40.806
14	30	5270.46	175.682
15	40	7156.91	178.9228
16	25	1846.04	73.8416
17	40	2364.66	59.1165
18	40	4762.26	119.0565
19	30	4895.10	163.17
20	17	2563.63	150.8018
21	18	1765.53	98.085
22	25	1778.31	71.1324
23	85	10511.15	123.6606
24	51	8345.52	163.6376
25	45	4975.95	110.5767
26	30	3798.89	126.6297
27	30	4840.29	161.343
28	10	1764.49	176.449
29	50	10938.09	218.7618
30	30	436.38	14.546

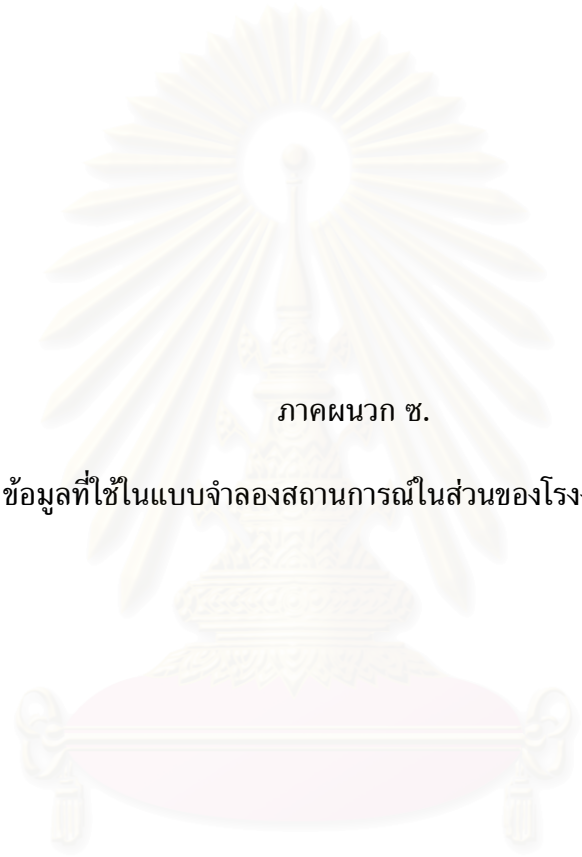
ตารางที่ ช.1 วิธีการคำนวณปริมาณอ้อยที่คนตัดอ้อย 1 คนตัดตลอดฤดูเก็บเกี่ยว (ต่อ)

ข้อมูลที่	จำนวนแรงงานคนตัดอ้อย (คน)	ปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยว (ตัน)	ปริมาณอ้อยที่คนตัดอ้อย 1 คนตัดตลอดฤดูเก็บเกี่ยว (ตัน)
31	15	2872.13	191.48
32	22	2105.03	95.68
33	25	1152.02	46.08
34	24	1519.76	63.32
35	30	2831.20	94.37
36	48	6943.29	144.65
37	15	2128.32	141.89
38	35	1860.25	53.150
39	40	7746.89	193.67
40	22	1697.55	77.16
41	22	3234.33	147.02
42	35	1073.05	30.66
43	22	3691.56	167.80
44	23	3422.68	148.81
45	25	1757.48	70.30
46	44	1444.46	32.83
47	12	2313.39	192.78
48	90	29919.48	332.44
49	30	358.81	11.960
50	40	5174.53	129.36
51	28	3200.79	114.31
52	10	988.00	98.80
53	25	3613.75	144.55
54	30	608.67	20.29
55	30	2910.75	97.03
56	35	3138.90	89.68
57	28	2856.93	102.03
58	30	4634.93	154.50
59	70	14855.03	212.21
60	50	17261.51	345.23

ตารางที่ ช.1 วิธีการคำนวณปริมาณอ้อยที่คนตัดอ้อย 1 คนตัดตลอดฤดูเก็บเกี่ยว (ต่อ)

ข้อมูลที่	จำนวนแรงงานคนตัดอ้อย (คน)	ปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยว (ตัน)	ปริมาณอ้อยที่คนตัดอ้อย 1 คนตัดตลอดฤดูเก็บเกี่ยว (ตัน)
61	35	15347	438.49
62	22	3122.28	141.92
63	18	1040.81	57.82
เฉลี่ย			132.40

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ซ.

ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์ในส่วนของโรงงานน้ำตาล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ซ.1 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการรับใบคิว

ข้อมูลที่	เวลา (วินาที)
1	53
2	63
3	37
4	42
5	35
6	60
7	81
8	49
9	54
10	94
11	52
12	72
13	34
14	57
15	41
16	45
17	48
18	33
19	36
20	28
21	42
22	39
23	59
24	39
เฉลี่ย	49.71

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ซ.2 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการชั่งน้ำหนักรถหนัก

ข้อมูลที่	เวลา (วินาที)	ข้อมูลที่	เวลา (วินาที)	ข้อมูลที่	เวลา (วินาที)
1	56	31	67	61	82
2	58	32	61	62	51
3	60	33	55	63	62
4	64	34	64	64	34
5	66	35	79	65	59
6	46	36	35	66	49
7	41	37	31	67	96
8	52	38	48	68	54
9	66	39	45	69	63
10	47	40	27	70	70
11	62	41	43	71	96
12	55	42	48	72	58
13	54	43	43	73	65
14	54	44	50	74	46
15	50	45	61	75	66
16	57	46	65	76	71
17	59	47	73	77	67
18	50	48	104	78	66
19	47	49	126	79	77
20	83	50	63	80	66
21	62	51	71	81	84
22	57	52	102	82	65
23	51	53	75	83	59
24	55	54	49	84	68
25	50	55	64	85	47
26	81	56	43	86	93
27	77	57	64	87	59
28	75	58	56	88	46
29	45	59	54		
30	51	60	66	เฉลี่ย	61.16

ตารางที่ ซ.3 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการยื่นเหรียญเพื่อเข้าเทอ้อย

ข้อมูลที่	เวลา (วินาที)
1	29
2	52
3	17
4	28
5	6
6	4
7	18
8	20
9	12
10	30
11	20
12	34
13	25
14	19
15	27
16	9
17	6
18	18
19	19
20	13
21	19
22	20
23	5
24	23
25	18
26	36
27	20
28	13
เฉลี่ย	20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ซ.4 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเทอ้อยลงสู่สายพานลำเลียง

ข้อมูลที่	เวลา (นาที)	ข้อมูลที่	เวลา (นาที)	ข้อมูลที่	เวลา (นาที)	ข้อมูลที่	เวลา (นาที)
1	10:24	31	11:47	61	9:22	91	11:41
2	8:49	32	9:41	62	10:39	92	9:08
3	11:58	33	11:07	63	9:50	93	12:19
4	10:17	34	11:23	64	12:25	94	10:47
5	9:20	35	11:55	65	12:30	95	9:01
6	9:40	36	9:52	66	12:27	96	12:07
7	12:10	37	12:32	67	9:44	97	10:43
8	10:26	38	11:07	68	10:44	98	8:36
9	12:26	39	10:50	69	11:26	99	11:47
10	10:01	40	11:39	70	12:21	100	12:34
11	11:05	41	11:15	71	9:52	101	8:51
12	10:35	42	9:44	72	12:16	102	10:19
13	12:16	43	12:30	73	11:09	103	11:13
14	10:10	44	11:54	74	9:22	104	10:05
15	9:32	45	11:46	75	12:05	105	8:54
16	11:13	46	11:33	76	10:51	106	12:33
17	9:05	47	11:11	77	12:31		
18	10:34	48	9:58	78	9:53		
19	11:42	49	12:18	79	11:42		
20	12:06	50	10:58	80	10:33		
21	8:47	51	9:12	81	12:33		
22	11:35	52	12:22	82	11:14		
23	10:28	53	10:26	83	12:35		
24	10:52	54	10:11	84	12:20		
25	9:35	55	10:43	85	8:44		
26	12:23	56	11:03	86	12:15		
27	10:45	57	11:21	87	11:54		
28	9:16	58	9:51	88	12:20		
29	10:23	59	12:14	89	11:04		
30	10:47	60	10:24	90	12:41		

ตารางที่ ซ.5 ข้อมูลเวลาที่เครื่องจักรใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อม

ข้อมูลที่	เวลา (นาที)	ข้อมูลที่	เวลา (นาที)	ข้อมูลที่	เวลา (นาที)	ข้อมูลที่	เวลา (นาที)
1	2105	31	645	61	1125	91	40
2	1335	32	2045	62	2750	92	1935
3	145	33	115	63	565	93	985
4	830	34	1115	64	3605	94	4110
5	840	35	20	65	1560	95	385
6	205	36	3125	66	1830	96	3150
7	745	37	105	67	930	97	2405
8	1440	38	710	68	2440	98	650
9	125	39	1860	69	3320		
10	1625	40	945	70	415		
11	2630	41	3610	71	1090		
12	140	42	520	72	90		
13	1600	43	1080	73	1320		
14	755	44	635	74	840		
15	190	45	1280	75	70		
16	790	46	30	76	1980		
17	1320	47	720	77	3550		
18	3820	48	1680	78	20		
19	855	49	2615	79	1275		
20	230	50	325	80	1865		
21	720	51	630	81	1215		
22	1440	52	3740	82	270		
23	1360	53	475	83	3055		
24	3275	54	1225	84	665		
25	175	55	2010	85	1210		
26	1380	56	670	86	2895		
27	1020	57	1220	87	1230		
28	2040	58	2850	88	115		
29	450	59	2340	89	1245		
30	650	60	880	90	1920		

ตารางที่ ซ.6 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักร

ข้อมูลที่	เวลา (นาที)	ข้อมูลที่	เวลา (นาที)	ข้อมูลที่	เวลา (นาที)	ข้อมูลที่	เวลา (นาที)
1	30	31	35	61	160	91	80
2	55	32	155	62	75	92	55
3	25	33	55	63	95	93	35
4	20	34	20	64	10	94	100
5	30	35	20	65	250	95	50
6	60	36	55	66	115	96	15
7	20	37	65	67	60	97	180
8	120	38	70	68	25	98	85
9	80	39	105	69	125		
10	15	40	245	70	30		
11	20	41	35	71	75		
12	25	42	105	72	50		
13	45	43	65	73	40		
14	20	44	30	74	60		
15	40	45	50	75	15		
16	30	46	15	76	115		
17	85	47	30	77	20		
18	25	48	160	78	260		
19	40	49	15	79	120		
20	110	50	35	80	80		
21	85	51	165	81	15		
22	15	52	80	82	115		
23	25	53	45	83	45		
24	150	54	25	84	180		
25	30	55	280	85	50		
26	20	56	20	86	25		
27	180	57	30	87	145		
28	120	58	60	88	100		
29	25	59	20	89	75		
30	10	60	125	90	160		

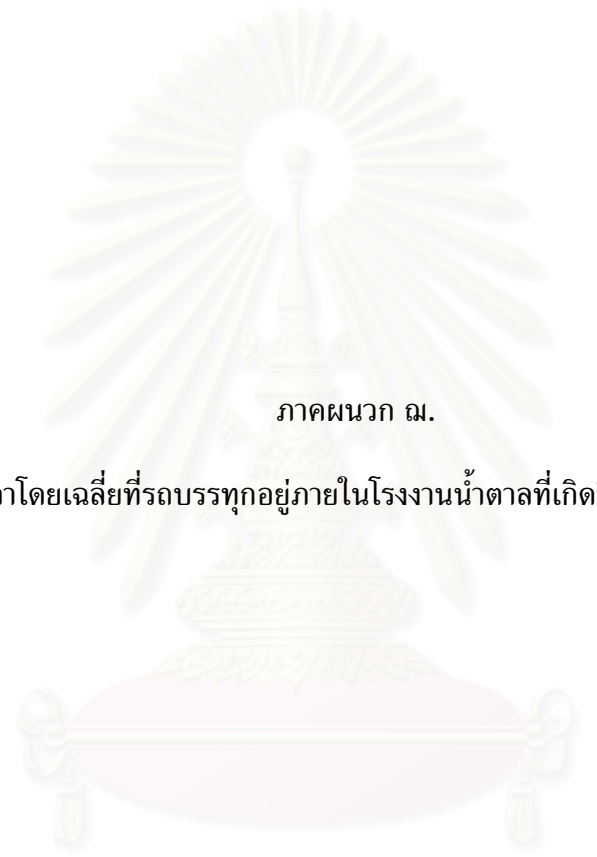
ตารางที่ ซ.7 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการนำอ้อยที่ค้างอยู่บนรถบรรทุกลง

ข้อมูลที่	เวลา (นาที)	ข้อมูลที่	เวลา (นาที)
1	3:55	31	3:57
2	5:02	32	3:48
3	5:36	33	3:23
4	5:18	34	3:50
5	2:53		
6	3:49		
7	4:30		
8	3:24		
9	2:53		
10	3:41		
11	4:47		
12	3:59		
13	5:07		
14	2:58		
15	2:17		
16	3:15		
17	2:56		
18	3:36		
19	3:18		
20	4:09		
21	3:58		
22	5:42		
23	4:34		
24	3:18		
25	4:32		
26	4:20		
27	4:18		
28	5:49		
29	4:02		
30	3:27		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ซ.8 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการชั่งน้ำหนักรถเบา

ข้อมูลที่	เวลา (วินาที)	ข้อมูลที่	เวลา (วินาที)	ข้อมูลที่	เวลา (วินาที)
1	82	31	61	61	56
2	94	32	62	62	98
3	65	33	78	63	87
4	66	34	64	64	69
5	44	35	65	65	54
6	70	36	57	66	61
7	55	37	59	67	70
8	55	38	55	68	79
9	82	39	65	69	67
10	63	40	104	70	53
11	77	41	85	71	68
12	83	42	87	72	55
13	73	43	69	73	76
14	72	44	92	74	56
15	67	45	72		
16	65	46	52		
17	68	47	152		
18	68	48	50		
19	69	49	64		
20	55	50	126		
21	60	51	69		
22	77	52	51		
23	61	53	46		
24	53	54	77		
25	55	55	144		
26	67	56	52		
27	58	57	72		
28	79	58	88		
29	61	59	79		
30	67	60	79		



ภาคผนวก ฌ.

ข้อมูลเวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลที่เกิดขึ้นในระบบงานจริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฌ.1 ข้อมูลเวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลที่เกิดขึ้นในระบบงานจริง

ข้อมูลที่	เวลา (ชั่วโมง)	ข้อมูลที่	เวลา (ชั่วโมง)	ข้อมูลที่	เวลา (ชั่วโมง)	ข้อมูลที่	เวลา (ชั่วโมง)
1	69:45	31	8:47	61	7:19	91	9:25
2	20:49	32	8:09	62	8:05	92	9:39
3	8:38	33	8:21	63	8:17	93	10:29
4	2:55	34	8:02	64	2:06	94	10:49
5	0:58	35	8:08	65	12:33	95	11:24
6	5:28	36	11:36	66	15:33	96	11:52
7	2:53	37	11:02	67	14:35	97	12:19
8	3:07	38	9:21	68	7:16	98	12:01
9	2:12	39	8:11	69	3:29	99	11:33
10	0:25	40	7:15	70	3:19	100	11:05
11	2:23	41	7:14	71	2:49	101	9:29
12	2:32	42	7:12	72	3:17	102	8:19
13	2:37	43	7:35	73	7:58	103	8:26
14	3:46	44	8:07	74	8:44	104	9:26
15	2:17	45	9:54	75	7:25	105	9:44
16	0:30	46	10:14	76	8:03	106	10:12
17	2:38	47	10:17	77	8:34	107	10:12
18	4:37	48	10:30	78	9:21	108	11:51
19	0:49	49	10:32	79	10:07	109	9:15
20	0:38	50	10:21	80	10:32	110	9:33
21	0:35	51	9:03	81	10:54	111	10:09
22	2:43	52	6:07	82	11:19	112	24:01
23	3:11	53	5:05	83	10:15	113	24:15
24	0:56	54	4:32	84	7:04	114	11:52
25	2:37	55	4:53	85	6:50	115	12:18
26	2:44	56	5:10	86	6:38	116	9:22
27	3:06	57	7:32	87	7:24	117	8:56
28	3:42	58	8:32	88	7:49	118	9:43
29	9:05	59	9:32	89	8:29	119	10:00
30	9:21	60	7:21	90	8:52	120	9:58

ตารางที่ ฌ.1 ข้อมูลเวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลที่เกิดขึ้นในระบบงานจริง (ต่อ)

ข้อมูลที่	เวลา (ชั่วโมง)	ข้อมูลที่	เวลา (ชั่วโมง)	ข้อมูลที่	เวลา (ชั่วโมง)	ข้อมูลที่	เวลา (ชั่วโมง)
121	10:20	151	10:13	181	10:28	211	28:03
122	10:32	152	10:01	182	13:21	212	27:33
123	11:15	153	12:14	183	14:18	213	24:21
124	11:53	154	11:19	184	14:17	214	23:51
125	13:03	155	9:54	185	14:16	215	23:46
126	11:20	156	8:11	186	13:22	216	4:54
127	9:36	157	7:35	187	12:31	217	4:55
128	9:16	158	7:30	188	9:01	218	5:24
129	10:43	159	8:32	189	7:51	219	5:53
130	11:12	160	8:55	190	7:52	220	6:19
131	11:26	161	11:32	191	8:21	221	6:50
132	11:37	162	10:42	192	9:03	222	7:09
133	10:18	163	8:32	193	9:10	223	7:32
134	10:47	164	7:16	194	9:50	224	8:03
135	11:04	165	6:30	195	8:17	225	8:07
136	11:52	166	6:47	196	7:27	226	7:15
137	16:35	167	7:40	197	7:37	227	5:48
138	16:58	168	8:49	198	8:05	228	8:33
139	17:22	169	8:56	199	6:24	229	4:41
140	12:29	170	12:25	200	9:44	230	2:00
141	12:53	171	11:08	201	10:25	231	3:23
142	12:25	172	7:35	202	10:51	232	2:36
143	12:12	173	6:25	203	11:02	233	3:55
144	12:31	174	6:11	204	10:56	234	0:15
145	12:56	175	6:56	205	10:34	235	3:51
146	13:17	176	7:23	206	8:34	236	2:16
147	13:20	177	8:04	207	7:05	237	2:25
148	13:05	178	8:58	208	6:53	238	5:41
149	12:32	179	9:32	209	6:50	239	8:35
150	11:35	180	10:03	210	10:42	240	8:49

ตารางที่ ฌ.1 ข้อมูลเวลาโดยเฉลี่ยที่รถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานน้ำตาลที่เกิดขึ้นในระบบงานจริง (ต่อ)

ข้อมูลที่	เวลา (ชั่วโมง)	ข้อมูลที่	เวลา (ชั่วโมง)	ข้อมูลที่	เวลา (ชั่วโมง)	ข้อมูลที่	เวลา (ชั่วโมง)
241	9:48	271	2:51	301	4:08	331	3:57
242	10:00	272	2:18	302	2:41	332	0:29
243	10:14	273	2:40	303	2:43	333	4:50
244	17:51	274	2:36	304	7:23	334	4:32
245	11:58	275	2:27	305	9:29	335	3:48
246	10:02	276	4:08	306	0:26	336	3:20
247	9:49	277	4:21	307	0:10	337	3:18
248	9:56	278	4:48	308	3:34	338	3:04
249	9:39	279	4:57	309	3:19	339	0:47
250	21:30	280	3:59	310	6:02	340	0:47
251	21:18	281	3:39	311	3:56	341	0:15
252	19:08	282	3:17	312	3:00	342	4:08
253	14:52	283	2:21	313	13:05	343	3:39
254	10:21	284	4:12	314	12:32	344	2:22
255	9:14	285	4:01	315	12:05	345	1:20
256	8:41	286	4:11	316	10:21	346	4:11
257	6:28	287	4:30	317	8:41	347	5:10
258	5:03	288	4:08	318	6:31	348	4:34
259	0:12	289	4:55	319	1:10	349	3:49
260	5:56	290	5:16	320	2:52	350	3:14
261	4:31	291	4:57	321	3:21	351	4:58
262	4:33	292	4:43	322	2:48	352	4:09
263	4:12	293	3:16	323	2:38	353	3:15
264	4:23	294	13:41	324	2:48	354	0:29
265	4:46	295	10:14	325	2:08		
266	5:03	296	7:46	326	0:23		
267	5:17	297	2:57	327	2:47		
268	5:02	298	2:43	328	2:04		
269	4:13	299	1:34	329	0:32		
270	3:42	300	1:12	330	3:34		

ภาคผนวก ญ.

ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ญ.1 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลงของเขตส่งเสริมที่ 1

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	0	20880	16	41760	27	62640	27
720	0	21600	16	42480	27	63360	27
1440	0	22320	16	43200	27	64080	27
2160	0	23040	16	43920	27	64800	27
2880	0	23760	16	44640	27	65520	27
3600	0	24480	16	45360	27	66240	27
4320	0	25200	16	46080	27	66960	27
5040	0	25920	16	46800	27	67680	27
5760	16	26640	16	47520	27	68400	27
6480	16	27360	27	48240	27	69120	27
7200	16	28080	27	48960	27	69840	27
7920	16	28800	27	49680	27	70560	27
8640	16	29520	27	50400	27	71280	27
9360	16	30240	27	51120	27	72000	0
10080	16	30960	27	51840	27	72720	0
10800	16	31680	27	52560	27	73440	0
11520	16	32400	27	53280	27	74160	0
12240	16	33120	27	54000	27	74880	27
12960	16	33840	27	54720	27	75600	27
13680	16	34560	27	55440	27	76320	27
14400	16	35280	27	56160	27	77040	27
15120	16	36000	27	56880	27	77760	27
15840	16	36720	27	57600	27	78480	27
16560	16	37440	27	58320	27	79200	27
17280	16	38160	27	59040	27	79920	27
18000	16	38880	27	59760	27	80640	27
18720	16	39600	27	60480	27	81360	27
19440	16	40320	27	61200	27	82080	27
20160	16	41040	27	61920	27	82800	27

ตารางที่ ญ.1 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลงของเขตส่งเสริมที่ 1 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
83520	27	104400	27	125280	27	146160	27
84240	27	105120	27	126000	27	146880	27
84960	27	105840	27	126720	27	147600	27
85680	27	106560	27	127440	27	148320	27
86400	27	107280	27	128160	27	149040	27
87120	27	108000	27	128880	27	149760	27
87840	27	108720	27	129600	27	150480	27
88560	27	109440	27	130320	27	151200	27
89280	27	110160	27	131040	27	151920	27
90000	27	110880	27	131760	27	152640	27
90720	27	111600	27	132480	27	153360	27
91440	27	112320	27	133200	27	154080	27
92160	27	113040	27	133920	27	154800	27
92880	27	113760	27	134640	27	155520	27
93600	27	114480	27	135360	27	156240	27
94320	27	115200	27	136080	27	156960	27
95040	27	115920	27	136800	27	157680	27
95760	27	116640	27	137520	27	158400	27
96480	27	117360	27	138240	27	159120	27
97200	27	118080	27	138960	27	159840	17
97920	27	118800	27	139680	27	160560	17
98640	27	119520	27	140400	27	161280	17
99360	27	120240	27	141120	27	162000	17
100080	27	120960	27	141840	27	162720	17
100800	27	121680	27	142560	27	163440	17
101520	27	122400	27	143280	27	164160	17
102240	27	123120	27	144000	27	164880	17
102960	27	123840	27	144720	27	165600	17
103680	27	124560	27	145440	27	166320	17

ตารางที่ ญ.1 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลงของเขตส่งเสริมที่ 1 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
167040	17	187920	16
167760	17	188640	16
168480	16	189360	16
169200	16	190080	16
169920	16	190800	16
170640	16	191520	16
171360	16	192240	16
172080	16	192960	16
172800	16	193680	16
173520	16		
174240	16		
174960	16		
175680	16		
176400	16		
177120	16		
177840	16		
178560	16		
179280	16		
180000	16		
180720	16		
181440	16		
182160	16		
182880	16		
183600	16		
184320	16		
185040	16		
185760	16		
186480	16		
187200	16		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ญ.2 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลงของเขตส่งเสริมที่ 2 (อ้อยรถตัด)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	0	41760	20	83520	20	125280	20
1440	0	43200	20	84960	20	126720	20
2880	0	44640	20	86400	20	128160	20
4320	0	46080	20	87840	20	129600	20
5760	12	47520	20	89280	20	131040	20
7200	12	48960	20	90720	20	132480	20
8640	12	50400	20	92160	20	133920	20
10080	12	51840	20	93600	20	135360	20
11520	12	53280	20	95040	20	136800	20
12960	12	54720	20	96480	20	138240	20
14400	12	56160	20	97920	20	139680	20
15840	12	57600	20	99360	20	141120	20
17280	12	59040	20	100800	20	142560	20
18720	12	60480	20	102240	20	144000	20
20160	12	61920	20	103680	20	145440	20
21600	12	63360	20	105120	20	146880	20
23040	12	64800	20	106560	20	148320	20
24480	12	66240	20	108000	20	149760	20
25920	12	67680	20	109440	20	151200	20
27360	20	69120	20	110880	20	152640	20
28800	20	70560	20	112320	20	154080	20
30240	20	72000	0	113760	20	155520	20
31680	20	73440	0	115200	20	156960	20
33120	20	74880	20	116640	20	158400	20
34560	20	76320	20	118080	20	159840	14
36000	20	77760	20	119520	20	161280	14
37440	20	79200	20	120960	20	162720	14
38880	20	80640	20	122400	20	164160	14
40320	20	82080	20	123840	20	165600	14

ตารางที่ ญ.2 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลงของเขตส่งเสริมที่ 2 (อ้อยรถตัด) (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
167040	14
168480	14
169920	14
171360	14
172800	14
174240	14
175680	14
177120	14
178560	14
180000	14
181440	12
182880	12
184320	12
185760	12
187200	12
188640	12
190080	12
191520	12
192960	12

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ญ.3 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลงของเขตส่งเสริมที่ 2 (อ้อยคนตัด)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	0	20880	147	41760	259	62640	259
720	0	21600	147	42480	259	63360	259
1440	0	22320	147	43200	259	64080	259
2160	0	23040	147	43920	259	64800	259
2880	0	23760	147	44640	259	65520	259
3600	0	24480	147	45360	259	66240	259
4320	0	25200	147	46080	259	66960	259
5040	0	25920	147	46800	259	67680	259
5760	147	26640	147	47520	259	68400	259
6480	147	27360	259	48240	259	69120	259
7200	147	28080	259	48960	259	69840	259
7920	147	28800	259	49680	259	70560	259
8640	147	29520	259	50400	259	71280	259
9360	147	30240	259	51120	259	72000	0
10080	147	30960	259	51840	259	72720	0
10800	147	31680	259	52560	259	73440	0
11520	147	32400	259	53280	259	74160	0
12240	147	33120	259	54000	259	74880	259
12960	147	33840	259	54720	259	75600	259
13680	147	34560	259	55440	259	76320	259
14400	147	35280	259	56160	259	77040	259
15120	147	36000	259	56880	259	77760	259
15840	147	36720	259	57600	259	78480	259
16560	147	37440	259	58320	259	79200	259
17280	147	38160	259	59040	259	79920	259
18000	147	38880	259	59760	259	80640	259
18720	147	39600	259	60480	259	81360	259
19440	147	40320	259	61200	259	82080	259
20160	147	41040	259	61920	259	82800	259

ตารางที่ ญ.3 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลงของเขตส่งเสริมที่ 2 (อ้อยคนตัด) (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
83520	259	104400	259	125280	259	146160	259
84240	259	105120	259	126000	259	146880	259
84960	259	105840	259	126720	259	147600	259
85680	259	106560	259	127440	259	148320	259
86400	259	107280	259	128160	259	149040	259
87120	259	108000	259	128880	259	149760	259
87840	259	108720	259	129600	259	150480	259
88560	259	109440	259	130320	259	151200	259
89280	259	110160	259	131040	259	151920	259
90000	259	110880	259	131760	259	152640	259
90720	259	111600	259	132480	259	153360	259
91440	259	112320	259	133200	259	154080	259
92160	259	113040	259	133920	259	154800	259
92880	259	113760	259	134640	259	155520	259
93600	259	114480	259	135360	259	156240	259
94320	259	115200	259	136080	259	156960	259
95040	259	115920	259	136800	259	157680	259
95760	259	116640	259	137520	259	158400	259
96480	259	117360	259	138240	259	159120	259
97200	259	118080	259	138960	259	159840	148
97920	259	118800	259	139680	259	160560	148
98640	259	119520	259	140400	259	161280	148
99360	259	120240	259	141120	259	162000	148
100080	259	120960	259	141840	259	162720	148
100800	259	121680	259	142560	259	163440	148
101520	259	122400	259	143280	259	164160	148
102240	259	123120	259	144000	259	164880	148
102960	259	123840	259	144720	259	165600	148
103680	259	124560	259	145440	259	166320	148

ตารางที่ ญ.3 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลงของเขตส่งเสริมที่ 2 (อ้อยคนตัด) (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
167040	148	187920	147
167760	148	188640	147
168480	148	189360	147
169200	148	190080	147
169920	148	190800	147
170640	148	191520	147
171360	148	192240	147
172080	148	192960	147
172800	148	193680	147
173520	148		
174240	148		
174960	148		
175680	148		
176400	148		
177120	147		
177840	147		
178560	147		
179280	147		
180000	147		
180720	147		
181440	147		
182160	147		
182880	147		
183600	147		
184320	147		
185040	147		
185760	147		
186480	147		
187200	147		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ญ.4 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลงของเขตส่งเสริมที่ 3

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	0	20880	121	41760	213	62640	213
720	0	21600	121	42480	213	63360	213
1440	0	22320	121	43200	213	64080	213
2160	0	23040	121	43920	213	64800	213
2880	0	23760	121	44640	213	65520	213
3600	0	24480	121	45360	213	66240	213
4320	0	25200	121	46080	213	66960	213
5040	0	25920	121	46800	213	67680	213
5760	121	26640	121	47520	213	68400	213
6480	121	27360	213	48240	213	69120	213
7200	121	28080	213	48960	213	69840	213
7920	121	28800	213	49680	213	70560	213
8640	121	29520	213	50400	213	71280	213
9360	121	30240	213	51120	213	72000	0
10080	121	30960	213	51840	213	72720	0
10800	121	31680	213	52560	213	73440	0
11520	121	32400	213	53280	213	74160	0
12240	121	33120	213	54000	213	74880	213
12960	121	33840	213	54720	213	75600	213
13680	121	34560	213	55440	213	76320	213
14400	121	35280	213	56160	213	77040	213
15120	121	36000	213	56880	213	77760	213
15840	121	36720	213	57600	213	78480	213
16560	121	37440	213	58320	213	79200	213
17280	121	38160	213	59040	213	79920	213
18000	121	38880	213	59760	213	80640	213
18720	121	39600	213	60480	213	81360	213
19440	121	40320	213	61200	213	82080	213
20160	121	41040	213	61920	213	82800	213

ตารางที่ ญ.4 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลงของเขตส่งเสริมที่ 3 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
83520	213	104400	213	125280	213	146160	213
84240	213	105120	213	126000	213	146880	213
84960	213	105840	213	126720	213	147600	213
85680	213	106560	213	127440	213	148320	213
86400	213	107280	213	128160	213	149040	213
87120	213	108000	213	128880	213	149760	213
87840	213	108720	213	129600	213	150480	213
88560	213	109440	213	130320	213	151200	213
89280	213	110160	213	131040	213	151920	213
90000	213	110880	213	131760	213	152640	213
90720	213	111600	213	132480	213	153360	213
91440	213	112320	213	133200	213	154080	213
92160	213	113040	213	133920	213	154800	213
92880	213	113760	213	134640	213	155520	213
93600	213	114480	213	135360	213	156240	213
94320	213	115200	213	136080	213	156960	213
95040	213	115920	213	136800	213	157680	213
95760	213	116640	213	137520	213	158400	213
96480	213	117360	213	138240	213	159120	213
97200	213	118080	213	138960	213	159840	122
97920	213	118800	213	139680	213	160560	122
98640	213	119520	213	140400	213	161280	122
99360	213	120240	213	141120	213	162000	122
100080	213	120960	213	141840	213	162720	122
100800	213	121680	213	142560	213	163440	122
101520	213	122400	213	143280	213	164160	122
102240	213	123120	213	144000	213	164880	122
102960	213	123840	213	144720	213	165600	122
103680	213	124560	213	145440	213	166320	122

ตารางที่ ญ.4 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลงของเขตส่งเสริมที่ 3 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
167040	122	187920	121
167760	122	188640	121
168480	121	189360	121
169200	121	190080	121
169920	121	190800	121
170640	121	191520	121
171360	121	192240	121
172080	121	192960	121
172800	121	193680	121
173520	121		
174240	121		
174960	121		
175680	121		
176400	121		
177120	121		
177840	121		
178560	121		
179280	121		
180000	121		
180720	121		
181440	121		
182160	121		
182880	121		
183600	121		
184320	121		
185040	121		
185760	121		
186480	121		
187200	121		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ญ.5 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลงของเขตส่งเสริมที่ 4

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	0	20880	36	41760	64	62640	64
720	0	21600	36	42480	64	63360	64
1440	0	22320	36	43200	64	64080	64
2160	0	23040	36	43920	64	64800	64
2880	0	23760	36	44640	64	65520	64
3600	0	24480	36	45360	64	66240	64
4320	0	25200	36	46080	64	66960	64
5040	0	25920	36	46800	64	67680	64
5760	36	26640	36	47520	64	68400	64
6480	36	27360	64	48240	64	69120	64
7200	36	28080	64	48960	64	69840	64
7920	36	28800	64	49680	64	70560	64
8640	36	29520	64	50400	64	71280	64
9360	36	30240	64	51120	64	72000	0
10080	36	30960	64	51840	64	72720	0
10800	36	31680	64	52560	64	73440	0
11520	36	32400	64	53280	64	74160	0
12240	36	33120	64	54000	64	74880	64
12960	36	33840	64	54720	64	75600	64
13680	36	34560	64	55440	64	76320	64
14400	36	35280	64	56160	64	77040	64
15120	36	36000	64	56880	64	77760	64
15840	36	36720	64	57600	64	78480	64
16560	36	37440	64	58320	64	79200	64
17280	36	38160	64	59040	64	79920	64
18000	36	38880	64	59760	64	80640	64
18720	36	39600	64	60480	64	81360	64
19440	36	40320	64	61200	64	82080	64
20160	36	41040	64	61920	64	82800	64

ตารางที่ ญ.5 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลงของเขตส่งเสริมที่ 4 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
83520	64	104400	64	125280	64	146160	64
84240	64	105120	64	126000	64	146880	64
84960	64	105840	64	126720	64	147600	64
85680	64	106560	64	127440	64	148320	64
86400	64	107280	64	128160	64	149040	64
87120	64	108000	64	128880	64	149760	64
87840	64	108720	64	129600	64	150480	64
88560	64	109440	64	130320	64	151200	64
89280	64	110160	64	131040	64	151920	64
90000	64	110880	64	131760	64	152640	64
90720	64	111600	64	132480	64	153360	64
91440	64	112320	64	133200	64	154080	64
92160	64	113040	64	133920	64	154800	64
92880	64	113760	64	134640	64	155520	64
93600	64	114480	64	135360	64	156240	64
94320	64	115200	64	136080	64	156960	64
95040	64	115920	64	136800	64	157680	64
95760	64	116640	64	137520	64	158400	64
96480	64	117360	64	138240	64	159120	64
97200	64	118080	64	138960	64	159840	36
97920	64	118800	64	139680	64	160560	36
98640	64	119520	64	140400	64	161280	36
99360	64	120240	64	141120	64	162000	36
100080	64	120960	64	141840	64	162720	36
100800	64	121680	64	142560	64	163440	36
101520	64	122400	64	143280	64	164160	36
102240	64	123120	64	144000	64	164880	36
102960	64	123840	64	144720	64	165600	36
103680	64	124560	64	145440	64	166320	36

ตารางที่ ญ.5 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลงของเขตส่งเสริมที่ 4 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
167040	36	187920	36
167760	36	188640	36
168480	36	189360	36
169200	36	190080	35
169920	36	190800	35
170640	36	191520	35
171360	36	192240	35
172080	36	192960	35
172800	36	193680	35
173520	36		
174240	36		
174960	36		
175680	36		
176400	36		
177120	36		
177840	36		
178560	36		
179280	36		
180000	36		
180720	36		
181440	36		
182160	36		
182880	36		
183600	36		
184320	36		
185040	36		
185760	36		
186480	36		
187200	36		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ญ.6 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลงของเขตส่งเสริมที่ 5

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	0	20880	6	41760	10	62640	10
720	0	21600	6	42480	10	63360	10
1440	0	22320	6	43200	10	64080	10
2160	0	23040	6	43920	10	64800	10
2880	0	23760	6	44640	10	65520	10
3600	0	24480	6	45360	10	66240	10
4320	0	25200	6	46080	10	66960	10
5040	0	25920	6	46800	10	67680	10
5760	6	26640	6	47520	10	68400	10
6480	6	27360	10	48240	10	69120	10
7200	6	28080	10	48960	10	69840	10
7920	6	28800	10	49680	10	70560	10
8640	6	29520	10	50400	10	71280	10
9360	6	30240	10	51120	10	72000	0
10080	6	30960	10	51840	10	72720	0
10800	6	31680	10	52560	10	73440	0
11520	6	32400	10	53280	10	74160	0
12240	6	33120	10	54000	10	74880	10
12960	6	33840	10	54720	10	75600	10
13680	6	34560	10	55440	10	76320	10
14400	6	35280	10	56160	10	77040	10
15120	6	36000	10	56880	10	77760	10
15840	6	36720	10	57600	10	78480	10
16560	6	37440	10	58320	10	79200	10
17280	6	38160	10	59040	10	79920	10
18000	6	38880	10	59760	10	80640	10
18720	6	39600	10	60480	10	81360	10
19440	6	40320	10	61200	10	82080	10
20160	6	41040	10	61920	10	82800	10

ตารางที่ ญ.6 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลงของเขตส่งเสริมที่ 5 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
83520	10	104400	10	125280	10	146160	10
84240	10	105120	10	126000	10	146880	10
84960	10	105840	10	126720	10	147600	10
85680	10	106560	10	127440	10	148320	10
86400	10	107280	10	128160	10	149040	10
87120	10	108000	10	128880	10	149760	10
87840	10	108720	10	129600	10	150480	10
88560	10	109440	10	130320	10	151200	10
89280	10	110160	10	131040	10	151920	10
90000	10	110880	10	131760	10	152640	10
90720	10	111600	10	132480	10	153360	10
91440	10	112320	10	133200	10	154080	10
92160	10	113040	10	133920	10	154800	10
92880	10	113760	10	134640	10	155520	10
93600	10	114480	10	135360	10	156240	10
94320	10	115200	10	136080	10	156960	10
95040	10	115920	10	136800	10	157680	10
95760	10	116640	10	137520	10	158400	10
96480	10	117360	10	138240	10	159120	10
97200	10	118080	10	138960	10	159840	6
97920	10	118800	10	139680	10	160560	6
98640	10	119520	10	140400	10	161280	6
99360	10	120240	10	141120	10	162000	6
100080	10	120960	10	141840	10	162720	6
100800	10	121680	10	142560	10	163440	6
101520	10	122400	10	143280	10	164160	6
102240	10	123120	10	144000	10	164880	6
102960	10	123840	10	144720	10	165600	6
103680	10	124560	10	145440	10	166320	6

ตารางที่ ญ.6 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยลดความแปรปรวนของการเก็บเกี่ยวอ้อยลงของเขตส่งเสริมที่ 5 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
167040	6	187920	5
167760	6	188640	5
168480	6	189360	5
169200	6	190080	5
169920	6	190800	5
170640	6	191520	5
171360	6	192240	5
172080	6	192960	5
172800	6	193680	5
173520	6		
174240	6		
174960	6		
175680	6		
176400	6		
177120	6		
177840	6		
178560	6		
179280	6		
180000	6		
180720	6		
181440	5		
182160	5		
182880	5		
183600	5		
184320	5		
185040	5		
185760	5		
186480	5		
187200	5		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฎ.

ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฎ.1 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวของเขตส่งเสริมที่ 1

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	0	20880	23	41760	24	62640	24
720	0	21600	23	42480	24	63360	24
1440	0	22320	23	43200	24	64080	24
2160	0	23040	23	43920	24	64800	24
2880	0	23760	23	44640	24	65520	24
3600	0	24480	23	45360	24	66240	24
4320	0	25200	23	46080	24	66960	24
5040	0	25920	23	46800	24	67680	24
5760	23	26640	23	47520	24	68400	24
6480	23	27360	23	48240	24	69120	24
7200	23	28080	23	48960	24	69840	24
7920	23	28800	23	49680	24	70560	24
8640	23	29520	23	50400	24	71280	24
9360	23	30240	23	51120	24	72000	0
10080	23	30960	23	51840	24	72720	0
10800	23	31680	23	52560	24	73440	0
11520	23	32400	24	53280	24	74160	0
12240	23	33120	24	54000	24	74880	24
12960	23	33840	24	54720	24	75600	24
13680	23	34560	24	55440	24	76320	24
14400	23	35280	24	56160	24	77040	24
15120	23	36000	24	56880	24	77760	24
15840	23	36720	24	57600	24	78480	24
16560	23	37440	24	58320	24	79200	24
17280	23	38160	24	59040	24	79920	24
18000	23	38880	24	59760	24	80640	24
18720	23	39600	24	60480	24	81360	24
19440	23	40320	24	61200	24	82080	24
20160	23	41040	24	61920	24	82800	24

ตารางที่ ฎ.1 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวของเขตส่งเสริมที่ 1 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
83520	24	104400	24	125280	24	146160	24
84240	24	105120	24	126000	24	146880	24
84960	24	105840	24	126720	24	147600	24
85680	24	106560	24	127440	24	148320	24
86400	24	107280	24	128160	24	149040	24
87120	24	108000	24	128880	24	149760	24
87840	24	108720	24	129600	24	150480	24
88560	24	109440	24	130320	24	151200	24
89280	24	110160	24	131040	24	151920	24
90000	24	110880	24	131760	24	152640	24
90720	24	111600	24	132480	24	153360	24
91440	24	112320	24	133200	24	154080	24
92160	24	113040	24	133920	24	154800	24
92880	24	113760	24	134640	24	155520	24
93600	24	114480	24	135360	24	156240	24
94320	24	115200	24	136080	24	156960	24
95040	24	115920	24	136800	24	157680	24
95760	24	116640	24	137520	24	158400	24
96480	24	117360	24	138240	24	159120	24
97200	24	118080	24	138960	24	159840	24
97920	24	118800	24	139680	24	160560	24
98640	24	119520	24	140400	24	161280	24
99360	24	120240	24	141120	24	162000	24
100080	24	120960	24	141840	24	162720	24
100800	24	121680	24	142560	24	163440	24
101520	24	122400	24	143280	24	164160	24
102240	24	123120	24	144000	24	164880	24
102960	24	123840	24	144720	24	165600	24
103680	24	124560	24	145440	24	166320	24

ตารางที่ ฎ.1 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวของเขตส่งเสริมที่ 1 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
167040	24	187920	23
167760	23	188640	23
168480	23	189360	23
169200	23	190080	23
169920	23	190800	23
170640	23	191520	23
171360	23	192240	23
172080	23	192960	23
172800	23	193680	23
173520	23		
174240	23		
174960	23		
175680	23		
176400	23		
177120	23		
177840	23		
178560	23		
179280	23		
180000	23		
180720	23		
181440	23		
182160	23		
182880	23		
183600	23		
184320	23		
185040	23		
185760	23		
186480	23		
187200	23		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฎ.2 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวของเขตส่งเสริมที่ 2 (อ้อยรถตัด)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	0	41760	18	83520	18	125280	18
1440	0	43200	18	84960	18	126720	18
2880	0	44640	18	86400	18	128160	18
4320	0	46080	18	87840	18	129600	18
5760	16	47520	18	89280	18	131040	18
7200	16	48960	18	90720	18	132480	18
8640	16	50400	18	92160	18	133920	18
10080	16	51840	18	93600	18	135360	18
11520	16	53280	18	95040	18	136800	18
12960	17	54720	18	96480	18	138240	18
14400	18	56160	18	97920	18	139680	18
15840	18	57600	18	99360	18	141120	18
17280	18	59040	18	100800	18	142560	18
18720	18	60480	18	102240	18	144000	18
20160	18	61920	18	103680	18	145440	18
21600	18	63360	18	105120	18	146880	18
23040	18	64800	18	106560	18	148320	18
24480	18	66240	18	108000	18	149760	18
25920	18	67680	18	109440	18	151200	18
27360	18	69120	18	110880	18	152640	18
28800	18	70560	18	112320	18	154080	18
30240	18	72000	0	113760	18	155520	18
31680	18	73440	0	115200	18	156960	18
33120	18	74880	18	116640	18	158400	18
34560	18	76320	18	118080	18	159840	18
36000	18	77760	18	119520	18	161280	18
37440	18	79200	18	120960	18	162720	18
38880	18	80640	18	122400	18	164160	18
40320	18	82080	18	123840	18	165600	18

ตารางที่ ฎ.2 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวของเขตส่งเสริมที่ 2 (อ้อยรถตัด) (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
167040	18
168480	18
169920	18
171360	18
172800	18
174240	18
175680	18
177120	18
178560	18
180000	18
181440	18
182880	18
184320	18
185760	17
187200	16
188640	16
190080	16
191520	16
192960	16

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฎ.3 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวของเขตส่งเสริมที่ 2 (อ้อยคนตัด)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	0	20880	225	41760	225	62640	225
720	0	21600	225	42480	225	63360	225
1440	0	22320	225	43200	225	64080	225
2160	0	23040	225	43920	225	64800	225
2880	0	23760	225	44640	225	65520	225
3600	0	24480	225	45360	225	66240	225
4320	0	25200	225	46080	225	66960	225
5040	0	25920	225	46800	225	67680	225
5760	225	26640	225	47520	225	68400	225
6480	225	27360	225	48240	225	69120	225
7200	225	28080	225	48960	225	69840	225
7920	225	28800	225	49680	225	70560	225
8640	225	29520	225	50400	225	71280	225
9360	225	30240	225	51120	225	72000	0
10080	225	30960	225	51840	225	72720	0
10800	225	31680	225	52560	225	73440	0
11520	225	32400	225	53280	225	74160	0
12240	225	33120	225	54000	225	74880	225
12960	225	33840	225	54720	225	75600	225
13680	225	34560	225	55440	225	76320	225
14400	225	35280	225	56160	225	77040	225
15120	225	36000	225	56880	225	77760	226
15840	225	36720	225	57600	225	78480	226
16560	225	37440	225	58320	225	79200	226
17280	225	38160	225	59040	225	79920	226
18000	225	38880	225	59760	225	80640	226
18720	225	39600	225	60480	225	81360	226
19440	225	40320	225	61200	225	82080	226
20160	225	41040	225	61920	225	82800	226

ตารางที่ ฎ.3 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวของเขตส่งเสริมที่ 2 (อ้อยคนตัด) (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
83520	226	104400	226	125280	225	146160	225
84240	226	105120	226	126000	225	146880	225
84960	226	105840	226	126720	225	147600	225
85680	226	106560	226	127440	225	148320	225
86400	226	107280	226	128160	225	149040	225
87120	226	108000	226	128880	225	149760	225
87840	226	108720	226	129600	225	150480	225
88560	226	109440	226	130320	225	151200	225
89280	226	110160	226	131040	225	151920	225
90000	226	110880	226	131760	225	152640	225
90720	226	111600	226	132480	225	153360	225
91440	226	112320	226	133200	225	154080	225
92160	226	113040	226	133920	225	154800	225
92880	226	113760	226	134640	225	155520	225
93600	226	114480	226	135360	225	156240	225
94320	226	115200	226	136080	225	156960	225
95040	226	115920	226	136800	225	157680	225
95760	226	116640	226	137520	225	158400	225
96480	226	117360	226	138240	225	159120	225
97200	226	118080	226	138960	225	159840	225
97920	226	118800	226	139680	225	160560	225
98640	226	119520	226	140400	225	161280	225
99360	226	120240	226	141120	225	162000	225
100080	226	120960	226	141840	225	162720	225
100800	226	121680	226	142560	225	163440	225
101520	226	122400	225	143280	225	164160	225
102240	226	123120	225	144000	225	164880	225
102960	226	123840	225	144720	225	165600	225
103680	226	124560	225	145440	225	166320	225

ตารางที่ ฎ.3 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวของเขตส่งเสริมที่ 2 (อ้อยคนตัด) (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
167040	225	187920	225
167760	225	188640	225
168480	225	189360	225
169200	225	190080	225
169920	225	190800	225
170640	225	191520	225
171360	225	192240	225
172080	225	192960	225
172800	225	193680	225
173520	225		
174240	225		
174960	225		
175680	225		
176400	225		
177120	225		
177840	225		
178560	225		
179280	225		
180000	225		
180720	225		
181440	225		
182160	225		
182880	225		
183600	225		
184320	225		
185040	225		
185760	225		
186480	225		
187200	225		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฎ.4 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวของเขตส่งเสริมที่ 3

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	0	20880	185	41760	185	62640	185
720	0	21600	185	42480	185	63360	185
1440	0	22320	185	43200	185	64080	185
2160	0	23040	185	43920	185	64800	185
2880	0	23760	185	44640	185	65520	185
3600	0	24480	185	45360	185	66240	185
4320	0	25200	185	46080	185	66960	185
5040	0	25920	185	46800	185	67680	185
5760	185	26640	185	47520	185	68400	185
6480	185	27360	185	48240	185	69120	185
7200	185	28080	185	48960	185	69840	185
7920	185	28800	185	49680	185	70560	185
8640	185	29520	185	50400	185	71280	185
9360	185	30240	185	51120	185	72000	0
10080	185	30960	185	51840	185	72720	0
10800	185	31680	185	52560	185	73440	0
11520	185	32400	185	53280	185	74160	0
12240	185	33120	185	54000	185	74880	185
12960	185	33840	185	54720	185	75600	185
13680	185	34560	185	55440	185	76320	186
14400	185	35280	185	56160	185	77040	186
15120	185	36000	185	56880	185	77760	186
15840	185	36720	185	57600	185	78480	186
16560	185	37440	185	58320	185	79200	186
17280	185	38160	185	59040	185	79920	186
18000	185	38880	185	59760	185	80640	186
18720	185	39600	185	60480	185	81360	186
19440	185	40320	185	61200	185	82080	186
20160	185	41040	185	61920	185	82800	186

ตารางที่ ฎ.4 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวของเขตส่งเสริมที่ 3 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
83520	186	104400	186	125280	185	146160	185
84240	186	105120	186	126000	185	146880	185
84960	186	105840	186	126720	185	147600	185
85680	186	106560	186	127440	185	148320	185
86400	186	107280	186	128160	185	149040	185
87120	186	108000	186	128880	185	149760	185
87840	186	108720	186	129600	185	150480	185
88560	186	109440	186	130320	185	151200	185
89280	186	110160	186	131040	185	151920	185
90000	186	110880	186	131760	185	152640	185
90720	186	111600	186	132480	185	153360	185
91440	186	112320	186	133200	185	154080	185
92160	186	113040	186	133920	185	154800	185
92880	186	113760	186	134640	185	155520	185
93600	186	114480	186	135360	185	156240	185
94320	186	115200	186	136080	185	156960	185
95040	186	115920	186	136800	185	157680	185
95760	186	116640	186	137520	185	158400	185
96480	186	117360	186	138240	185	159120	185
97200	186	118080	186	138960	185	159840	185
97920	186	118800	186	139680	185	160560	185
98640	186	119520	186	140400	185	161280	185
99360	186	120240	186	141120	185	162000	185
100080	186	120960	185	141840	185	162720	185
100800	186	121680	185	142560	185	163440	185
101520	186	122400	185	143280	185	164160	185
102240	186	123120	185	144000	185	164880	185
102960	186	123840	185	144720	185	165600	185
103680	186	124560	185	145440	185	166320	185

ตารางที่ ฎ.4 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวของเขตส่งเสริมที่ 3 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
167040	185	187920	185
167760	185	188640	185
168480	185	189360	185
169200	185	190080	185
169920	185	190800	185
170640	185	191520	185
171360	185	192240	185
172080	185	192960	185
172800	185	193680	185
173520	185		
174240	185		
174960	185		
175680	185		
176400	185		
177120	185		
177840	185		
178560	185		
179280	185		
180000	185		
180720	185		
181440	185		
182160	185		
182880	185		
183600	185		
184320	185		
185040	185		
185760	185		
186480	185		
187200	185		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฎ.5 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวของเขตส่งเสริมที่ 4

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	0	20880	55	41760	55	62640	56
720	0	21600	55	42480	55	63360	56
1440	0	22320	55	43200	55	64080	56
2160	0	23040	55	43920	55	64800	56
2880	0	23760	55	44640	55	65520	56
3600	0	24480	55	45360	55	66240	56
4320	0	25200	55	46080	55	66960	56
5040	0	25920	55	46800	55	67680	56
5760	55	26640	55	47520	55	68400	56
6480	55	27360	55	48240	55	69120	56
7200	55	28080	55	48960	55	69840	56
7920	55	28800	55	49680	55	70560	56
8640	55	29520	55	50400	55	71280	56
9360	55	30240	55	51120	55	72000	0
10080	55	30960	55	51840	56	72720	0
10800	55	31680	55	52560	56	73440	0
11520	55	32400	55	53280	56	74160	0
12240	55	33120	55	54000	56	74880	56
12960	55	33840	55	54720	56	75600	56
13680	55	34560	55	55440	56	76320	56
14400	55	35280	55	56160	56	77040	56
15120	55	36000	55	56880	56	77760	56
15840	55	36720	55	57600	56	78480	56
16560	55	37440	55	58320	56	79200	56
17280	55	38160	55	59040	56	79920	56
18000	55	38880	55	59760	56	80640	56
18720	55	39600	55	60480	56	81360	56
19440	55	40320	55	61200	56	82080	56
20160	55	41040	55	61920	56	82800	56

ตารางที่ ฎ.5 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวของเขตส่งเสริมที่ 4 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
83520	56	104400	56	125280	56	146160	56
84240	56	105120	56	126000	56	146880	56
84960	56	105840	56	126720	56	147600	56
85680	56	106560	56	127440	56	148320	55
86400	56	107280	56	128160	56	149040	55
87120	56	108000	56	128880	56	149760	55
87840	56	108720	56	129600	56	150480	55
88560	56	109440	56	130320	56	151200	55
89280	56	110160	56	131040	56	151920	55
90000	56	110880	56	131760	56	152640	55
90720	56	111600	56	132480	56	153360	55
91440	56	112320	56	133200	56	154080	55
92160	56	113040	56	133920	56	154800	55
92880	56	113760	56	134640	56	155520	55
93600	56	114480	56	135360	56	156240	55
94320	56	115200	56	136080	56	156960	55
95040	56	115920	56	136800	56	157680	55
95760	56	116640	56	137520	56	158400	55
96480	56	117360	56	138240	56	159120	55
97200	56	118080	56	138960	56	159840	55
97920	56	118800	56	139680	56	160560	55
98640	56	119520	56	140400	56	161280	55
99360	56	120240	56	141120	56	162000	55
100080	56	120960	56	141840	56	162720	55
100800	56	121680	56	142560	56	163440	55
101520	56	122400	56	143280	56	164160	55
102240	56	123120	56	144000	56	164880	55
102960	56	123840	56	144720	56	165600	55
103680	56	124560	56	145440	56	166320	55

ตารางที่ ฎ.5 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวของเขตส่งเสริมที่ 4 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
167040	55	187920	55
167760	55	188640	55
168480	55	189360	55
169200	55	190080	55
169920	55	190800	55
170640	55	191520	55
171360	55	192240	55
172080	55	192960	55
172800	55	193680	55
173520	55		
174240	55		
174960	55		
175680	55		
176400	55		
177120	55		
177840	55		
178560	55		
179280	55		
180000	55		
180720	55		
181440	55		
182160	55		
182880	55		
183600	55		
184320	55		
185040	55		
185760	55		
186480	55		
187200	55		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฎ.6 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวของเขตส่งเสริมที่ 5

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	0	20880	8	41760	9	62640	9
720	0	21600	8	42480	9	63360	9
1440	0	22320	8	43200	9	64080	9
2160	0	23040	8	43920	9	64800	9
2880	0	23760	8	44640	9	65520	9
3600	0	24480	8	45360	9	66240	9
4320	0	25200	8	46080	9	66960	9
5040	0	25920	8	46800	9	67680	9
5760	8	26640	8	47520	9	68400	9
6480	8	27360	8	48240	9	69120	9
7200	8	28080	8	48960	9	69840	9
7920	8	28800	8	49680	9	70560	9
8640	8	29520	8	50400	9	71280	9
9360	8	30240	8	51120	9	72000	0
10080	8	30960	9	51840	9	72720	0
10800	8	31680	9	52560	9	73440	0
11520	8	32400	9	53280	9	74160	0
12240	8	33120	9	54000	9	74880	9
12960	8	33840	9	54720	9	75600	9
13680	8	34560	9	55440	9	76320	9
14400	8	35280	9	56160	9	77040	9
15120	8	36000	9	56880	9	77760	9
15840	8	36720	9	57600	9	78480	9
16560	8	37440	9	58320	9	79200	9
17280	8	38160	9	59040	9	79920	9
18000	8	38880	9	59760	9	80640	9
18720	8	39600	9	60480	9	81360	9
19440	8	40320	9	61200	9	82080	9
20160	8	41040	9	61920	9	82800	9

ตารางที่ ฎ.6 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวของเขตส่งเสริมที่ 5 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
83520	9	104400	9	125280	9	146160	9
84240	9	105120	9	126000	9	146880	9
84960	9	105840	9	126720	9	147600	9
85680	9	106560	9	127440	9	148320	9
86400	9	107280	9	128160	9	149040	9
87120	9	108000	9	128880	9	149760	9
87840	9	108720	9	129600	9	150480	9
88560	9	109440	9	130320	9	151200	9
89280	9	110160	9	131040	9	151920	9
90000	9	110880	9	131760	9	152640	9
90720	9	111600	9	132480	9	153360	9
91440	9	112320	9	133200	9	154080	9
92160	9	113040	9	133920	9	154800	9
92880	9	113760	9	134640	9	155520	9
93600	9	114480	9	135360	9	156240	9
94320	9	115200	9	136080	9	156960	9
95040	9	115920	9	136800	9	157680	9
95760	9	116640	9	137520	9	158400	9
96480	9	117360	9	138240	9	159120	9
97200	9	118080	9	138960	9	159840	9
97920	9	118800	9	139680	9	160560	9
98640	9	119520	9	140400	9	161280	9
99360	9	120240	9	141120	9	162000	9
100080	9	120960	9	141840	9	162720	9
100800	9	121680	9	142560	9	163440	9
101520	9	122400	9	143280	9	164160	9
102240	9	123120	9	144000	9	164880	9
102960	9	123840	9	144720	9	165600	9
103680	9	124560	9	145440	9	166320	9

ตารางที่ ฎ.6 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่วางแผนเก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปริมาณเท่ากันตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวของเขตส่งเสริมที่ 5 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
167040	9	187920	8
167760	9	188640	8
168480	9	189360	8
169200	8	190080	8
169920	8	190800	8
170640	8	191520	8
171360	8	192240	8
172080	8	192960	8
172800	8	193680	8
173520	8		
174240	8		
174960	8		
175680	8		
176400	8		
177120	8		
177840	8		
178560	8		
179280	8		
180000	8		
180720	8		
181440	8		
182160	8		
182880	8		
183600	8		
184320	8		
185040	8		
185760	8		
186480	8		
187200	8		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฏ.

ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยการใช้รถตัดอ้อยแทนแรงงานคน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฏ.1 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยการใช้รถตัดอ้อยแทนแรงงานคนของเขตส่งเสริมที่ 1

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	0	41760	56	83520	57	125280	57
1440	0	43200	56	84960	57	126720	57
2880	0	44640	56	86400	57	128160	57
4320	0	46080	56	87840	57	129600	57
5760	56	47520	56	89280	57	131040	57
7200	56	48960	56	90720	57	132480	57
8640	56	50400	56	92160	57	133920	57
10080	56	51840	56	93600	57	135360	57
11520	56	53280	57	95040	57	136800	57
12960	56	54720	57	96480	57	138240	57
14400	56	56160	57	97920	57	139680	57
15840	56	57600	57	99360	57	141120	57
17280	56	59040	57	100800	57	142560	57
18720	56	60480	57	102240	57	144000	57
20160	56	61920	57	103680	57	145440	57
21600	56	63360	57	105120	57	146880	57
23040	56	64800	57	106560	57	148320	57
24480	56	66240	0	108000	57	149760	57
25920	56	67680	0	109440	57	151200	57
27360	56	69120	57	110880	57	152640	57
28800	56	70560	57	112320	57	154080	57
30240	56	72000	57	113760	57	155520	57
31680	56	73440	57	115200	57	156960	57
33120	56	74880	57	116640	57	158400	57
34560	56	76320	57	118080	57	159840	57
36000	56	77760	57	119520	57	161280	57
37440	56	79200	57	120960	57	162720	57
38880	56	80640	57	122400	57	164160	57
40320	56	82080	57	123840	57	165600	57

ตารางที่ ฏ.1 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยการใช้รถตัดอ้อยแทนแรงงานคนของเขตส่งเสริมที่ 1 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
167040	57
168480	57
169920	57
171360	57
172800	57
174240	57
175680	57
177120	57
178560	57
180000	57
181440	57
182880	57
184320	57
185760	57
187200	57
188640	57
190080	57
191520	57
192960	57

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฏ.2 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยการใช้รถตัดอ้อยแทนแรงงานคนของเขตส่งเสริมที่ 2

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	0	41760	556	83520	557	125280	556
1440	0	43200	556	84960	557	126720	556
2880	0	44640	556	86400	557	128160	556
4320	0	46080	556	87840	557	129600	556
5760	556	47520	556	89280	557	131040	556
7200	556	48960	556	90720	557	132480	556
8640	556	50400	556	92160	557	133920	556
10080	556	51840	556	93600	556	135360	556
11520	556	53280	556	95040	556	136800	556
12960	556	54720	556	96480	556	138240	556
14400	556	56160	556	97920	556	139680	556
15840	556	57600	556	99360	556	141120	556
17280	556	59040	556	100800	556	142560	556
18720	556	60480	556	102240	556	144000	556
20160	556	61920	556	103680	556	145440	556
21600	556	63360	556	105120	556	146880	556
23040	556	64800	556	106560	556	148320	556
24480	556	66240	0	108000	556	149760	556
25920	556	67680	0	109440	556	151200	556
27360	556	69120	557	110880	556	152640	556
28800	556	70560	557	112320	556	154080	556
30240	556	72000	557	113760	556	155520	556
31680	556	73440	557	115200	556	156960	556
33120	556	74880	557	116640	556	158400	556
34560	556	76320	557	118080	556	159840	556
36000	556	77760	557	119520	556	161280	556
37440	556	79200	557	120960	556	162720	556
38880	556	80640	557	122400	556	164160	556
40320	556	82080	557	123840	556	165600	556

ตารางที่ ฏ.2 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยการใช้รถตัดอ้อยแทนแรงงานคนของเขตส่งเสริมที่ 2 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
167040	556
168480	556
169920	556
171360	556
172800	556
174240	556
175680	556
177120	556
178560	556
180000	556
181440	556
182880	556
184320	556
185760	556
187200	556
188640	556
190080	556
191520	556
192960	556

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฏ.3 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยการใช้รถตัดอ้อยแทนแรงงานคนของเขตส่งเสริมที่ 3

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	0	41760	442	83520	443	125280	443
1440	0	43200	442	84960	443	126720	443
2880	0	44640	443	86400	443	128160	443
4320	0	46080	443	87840	443	129600	443
5760	442	47520	443	89280	443	131040	443
7200	442	48960	443	90720	443	132480	443
8640	442	50400	443	92160	443	133920	443
10080	442	51840	443	93600	443	135360	443
11520	442	53280	443	95040	443	136800	443
12960	442	54720	443	96480	443	138240	443
14400	442	56160	443	97920	443	139680	443
15840	442	57600	443	99360	443	141120	443
17280	442	59040	443	100800	443	142560	443
18720	442	60480	443	102240	443	144000	443
20160	442	61920	443	103680	443	145440	443
21600	442	63360	443	105120	443	146880	443
23040	442	64800	443	106560	443	148320	443
24480	442	66240	0	108000	443	149760	443
25920	442	67680	0	109440	443	151200	443
27360	442	69120	443	110880	443	152640	443
28800	442	70560	443	112320	443	154080	443
30240	442	72000	443	113760	443	155520	443
31680	442	73440	443	115200	443	156960	443
33120	442	74880	443	116640	443	158400	443
34560	442	76320	443	118080	443	159840	443
36000	442	77760	443	119520	443	161280	443
37440	442	79200	443	120960	443	162720	443
38880	442	80640	443	122400	443	164160	443
40320	442	82080	443	123840	443	165600	443

ตารางที่ ฏ.3 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยการใช้รถตัดอ้อยแทนแรงงานคนของเขตส่งเสริมที่ 3 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
167040	443
168480	443
169920	443
171360	443
172800	443
174240	443
175680	443
177120	443
178560	443
180000	443
181440	443
182880	443
184320	443
185760	443
187200	443
188640	443
190080	443
191520	443
192960	443

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฏ.4 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยการใช้รถตัดอ้อยแทนแรงงานคนของเขตส่งเสริมที่ 4

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	0	41760	132	83520	133	125280	133
1440	0	43200	132	84960	133	126720	133
2880	0	44640	132	86400	133	128160	133
4320	0	46080	132	87840	133	129600	133
5760	132	47520	132	89280	133	131040	133
7200	132	48960	132	90720	133	132480	133
8640	132	50400	132	92160	133	133920	133
10080	132	51840	132	93600	133	135360	133
11520	132	53280	132	95040	133	136800	133
12960	132	54720	132	96480	133	138240	133
14400	132	56160	132	97920	133	139680	133
15840	132	57600	132	99360	133	141120	133
17280	132	59040	132	100800	133	142560	133
18720	132	60480	133	102240	133	144000	133
20160	132	61920	133	103680	133	145440	133
21600	132	63360	133	105120	133	146880	133
23040	132	64800	133	106560	133	148320	133
24480	132	66240	0	108000	133	149760	133
25920	132	67680	0	109440	133	151200	133
27360	132	69120	133	110880	133	152640	133
28800	132	70560	133	112320	133	154080	133
30240	132	72000	133	113760	133	155520	133
31680	132	73440	133	115200	133	156960	133
33120	132	74880	133	116640	133	158400	133
34560	132	76320	133	118080	133	159840	133
36000	132	77760	133	119520	133	161280	133
37440	132	79200	133	120960	133	162720	133
38880	132	80640	133	122400	133	164160	133
40320	132	82080	133	123840	133	165600	133

ตารางที่ ฏ.4 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยการใช้รถตัดอ้อยแทนแรงงานคนของเขตส่งเสริมที่ 4 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
167040	133
168480	133
169920	133
171360	133
172800	133
174240	133
175680	133
177120	133
178560	133
180000	133
181440	133
182880	133
184320	133
185760	133
187200	133
188640	133
190080	133
191520	133
192960	133

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฏ.5 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยการใช้รถตัดอ้อยแทนแรงงานคนของเขตส่งเสริมที่ 5

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)	เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
0	0	41760	20	83520	21	125280	21
1440	0	43200	20	84960	21	126720	21
2880	0	44640	20	86400	21	128160	21
4320	0	46080	21	87840	21	129600	21
5760	20	47520	21	89280	21	131040	21
7200	20	48960	21	90720	21	132480	21
8640	20	50400	21	92160	21	133920	21
10080	20	51840	21	93600	21	135360	21
11520	20	53280	21	95040	21	136800	21
12960	20	54720	21	96480	21	138240	21
14400	20	56160	21	97920	21	139680	21
15840	20	57600	21	99360	21	141120	21
17280	20	59040	21	100800	21	142560	21
18720	20	60480	21	102240	21	144000	21
20160	20	61920	21	103680	21	145440	21
21600	20	63360	21	105120	21	146880	21
23040	20	64800	21	106560	21	148320	21
24480	20	66240	0	108000	21	149760	21
25920	20	67680	0	109440	21	151200	21
27360	20	69120	21	110880	21	152640	21
28800	20	70560	21	112320	21	154080	21
30240	20	72000	21	113760	21	155520	21
31680	20	73440	21	115200	21	156960	21
33120	20	74880	21	116640	21	158400	21
34560	20	76320	21	118080	21	159840	21
36000	20	77760	21	119520	21	161280	21
37440	20	79200	21	120960	21	162720	21
38880	20	80640	21	122400	21	164160	21
40320	20	82080	21	123840	21	165600	21

ตารางที่ ฏ.5 ข้อมูลของปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวในแต่ละวันโดยการใช้รถตัดอ้อยแทนแรงงานคนของเขตส่งเสริมที่ 5 (ต่อ)

เวลา (นาที)	จำนวนอ้อย (คันรถ)
167040	21
168480	21
169920	21
171360	21
172800	21
174240	21
175680	21
177120	21
178560	21
180000	21
181440	21
182880	21
184320	21
185760	21
187200	21
188640	21
190080	21
191520	21
192960	21

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายคมกฤษณ์ จิระสวัสดิ์ เกิดเมื่อวันที่ 9 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2522 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2538 จากนั้นเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาตรีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา ในปีการศึกษา 2542 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเมื่อ พ.ศ. 2543

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย